

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа новых производственных технологий  
Отделение материаловедения  
Направление подготовки: 12.04.02 «Оптотехника»

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
Лазерная маркировка хирургических инструментов

УДК 621.795.8:615.472

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4BM81	Резмерица Анастасия Юрьевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Зыков Илья Юрьевич	к.ф. – м.н		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Т.Б. Якимова	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	И.И. Романцов	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
"Оптотехника"	Полисадова Елена Федоровна	д.ф. – м.н		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i><b>Профессиональные компетенции</b></i>	
Р1	Способность формулировать цели, задачи научного исследования или разработки в области светотехники и фотонных технологий и материалов, способность выделять и обосновывать критерии, на основании которых формируются модели принятия решений, составлять план работ, способность строить физические и математические модели объектов исследования и выбирать алгоритм решения задачи
Р2	Способность разрабатывать программы экспериментальных исследований, применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы, защищать приоритет и новизну полученных результатов исследований в области обработки, изучения и анализа фотонных материалов, корпускулярно-фотонных технологий, оптоволоконной техники и технологии, в области оптических и световых измерений, люминесцентной и абсорбционной спектроскопии, лазерной техники, лазерных технологий и оборудования, взаимодействия излучения с веществом, производства и применения светодиодов
Р3	Способность к профессиональной оценке проблем проектирования в области светотехники, оплотехники, фотонных технологий и материалов на основе подбора и изучения литературных и патентных источников. Способностью к разработке структурных и функциональных схем оптических, оптико-электронных, светотехнических приборов, лазерных систем и комплексов с определением их физических принципов работы, структуры и технических требований на отдельные блоки и элементы
Р4	Способность к конструированию и проектированию отдельных узлов и блоков для осветительной, облучательной, оптико-электронной, лазерных техники, оптоволоконных, оптических, оптико-электронных, лазерных систем и комплексов различного назначения, осветительных и облучательных установок для жилых помещений, сельского хозяйства, промышленности
Р5	Способность к разработке и внедрению технологических процессов и режимов сборки оптических и светотехнических изделий, к разработке методов контроля качества изготовления деталей и узлов, составлению программ испытаний современных светотехнических и оптических приборов и устройств, фотонных материалов.
Р6	Способность эксплуатировать и обслуживать современные светотехнические и оптические приборы и устройства, соблюдать

	правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
<b><i>Универсальные компетенции</i></b>	
P7	Способность проявлять творческий, нестандартный подход, требующий абстрактного мышления, при решении конкретных научных, технологических и проектно-конструкторских задач в области фотонных технологий и материалов и светотехники, нести ответственность за принятые решения
P8	Способность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
P9	Способность к инновационной инженерной деятельности, менеджменту в области организации освоения новых видов перспективной и конкурентоспособной оптической, оптико-электронной и световой, лазерной техники с учетом социально-экономических последствий технических решений
P10	Способностью к координации и организации работы научно-производственного коллектива, принятию исполнительских решений для комплексного решения исследовательских, проектных, производственно-технологических, инновационных задач в области светотехники и фотонных технологий и материалов
P11	Способность к оценке современного состояния развития науки и техники, владение иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности
P12	Способность к сбору сведений, анализу и систематизации знаний об исследуемом объекте

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа новых производственных технологий  
Отделение материаловедения  
Направление подготовки: 12.04.02 «Оптотехника»

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель  
ООП «Оптотехника» ОМ ИШНПТ

\_\_\_\_\_ Е.Ф.Полисадова  
(подпись) \_\_\_\_\_ (дата)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4BM81	Резмерица А.Ю.

Тема работы:

Лазерная маркировка хирургических инструментов	
утверждена приказом директора (дата, номер)	07.05.2019 №3579/ С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

06.06.2020

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Результаты бакалаврской работы, литература по теме лазерной обработки материалов, данные о материалах инструментов и покрытиях, предоставленные ООО «Синтел»
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Оптимизация параметров маркировки по соотношению минимальный рельеф-максимальный контраст. Разработка вопросов химической стойкости маркированных материалов, маркировка изделий с покрытиями.

<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Микрофотографии образцов маркировки на разных режимах и различных материалах, схемы лазерных установок, схема технологического процесса.
---	--

### Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Якимова Татьяна Борисовна, доцент ОСГН, к. э. н.
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович, Доцент ООД, к. т. н
Раздел ВКР на иностранном языке	Сумцова Ольга Витальевна, старший преподаватель

### Названия разделов, которые должны быть выполнены русским и иностранным языках:

1. Литературный обзор – русск. язык
2. Методики расчетов (исследований) – русск. язык
3. Результаты экспериментов – русск. язык
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение - русск. язык
5. Социальная ответственность - русск. язык

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

### Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Зыков И.Ю.	к.ф.-м.н		

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ81	Резмерица Анастасия Юрьевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4BM81	Резмерица Анастасия Юрьевна

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОМ</b>
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	12.04.01 «Оптехника

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Инициатор проекта ИФПМ СО РАН. Примерный бюджет проекта 200 тыс.руб. Исполнители: руководитель проекта, инженер – разработчик (магистрант)
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Проект выполняется в соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов». Районный коэффициент- 1,3. Коэффициент доплат – 0,2. Накладные расходы – 16%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НТИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Технико-экономическое обоснование научно-исследовательской работы. Определение потенциальных потребителей результатов исследования. Проведение Swot-анализ НТИ.
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование комплекса работ по проведению НТИ. Расчет бюджета затрат на НТИ.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности исследования	Оценка эффективности НТИ. Определение научно-технического уровня проекта.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Матрица SWOT
2. Диаграмма Ганта
3. Бюджет НТИ

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	02.03.20
---	----------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н.		02.03.20

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4BM81	Резмерица Анастасия Юрьевна		02.03.20

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4BM81	Резмерица Анастасия Юрьевна

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение</b>	<b>Материаловедения</b>
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	12.04.01 «Оптехника»

Тема ВКР

<b>Лазерная маркировка хирургических инструментов</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><b>Объект исследования</b> – лазерная маркировка хирургических инструментов.</p> <p><b>Рабочая зона</b> – лаборатория ОМ ИШНПТ ТПУ. Технологический процесс включает в себя следующие виды работ: работы с ПК, работы с установкой для лазерной маркировки «Маркер Rabbit marker Fiber 20». Площадь отапливаемого помещения 30 м<sup>2</sup>, освещение смешанное, наличие ПК и рабочего места оператора, наличие установки для проведения лабораторных экспериментов.</p> <p><b>Область применения</b> – медицинские учреждения.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <p>специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>Правовое обеспечение и организационные мероприятия согласно ГОСТ 12.4.299-2015 и ТК РФ от 30.12.2001 N197ФЗ Законодательные и нормативные документы по теме:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Федеральный закон № 426-ФЗ от 28.12.2013 г</li> <li>2. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.</li> <li>3. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ</li> <li>4. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ</li> <li>5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03</li> <li>6. СН 2.2.4/2.1.8.566-96</li> <li>7. СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96</li> <li>8. СН 181 –70</li> <li>9. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03</li> <li>10. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*</li> <li>11. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.</li> </ol>
<p><b>5.2 Производственная безопасность</b></p> <p>5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.</p> <p>5.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.</p> <p>5.2.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.</p>	<p>1. Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Освещение рабочей зоны;</li> <li>- Зрительное напряжение;</li> <li>- Микроклимат в помещении;</li> <li>- Степень нервно-эмоционального напряжения;</li> <li>- Монотонность труда;</li> <li>- Шум;</li> <li>- Вибрации;</li> <li>- Электромагнитное излучение;</li> <li>- Ионизирующее излучение</li> </ul> <p>2. Опасные факторы</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Электрический ток;</li> <li>- Короткое замыкание</li> <li>- Термическое воздействие</li> </ul>

<b>5.3 Экологическая безопасность:</b> 5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду. 5.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.	<i>-Правила утилизации электроники</i> <i>-Правила утилизации люминесцентных ламп</i>
<b>5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> 5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований. 5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований. 5.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.	<i>Определить перечень наиболее возможных ЧС: пожар, взрыв, разрушения зданий в результате землетрясения, урагана, воздействия разрядов атмосферного электричества.</i> <i>Наиболее актуальная ЧС – возникновения пожара</i>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>02.03.2020</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романцов Игорь Иванович	к.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ81	Резмерица Анастасия Юрьевна		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 128 страницы, 6 рисунков, 26 таблиц, 15 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: маркировка, медицинские инструменты, контраст, рельеф, нержавеющая сталь, планирование эксперимента.

Цель работы: оптимизация параметров маркировки по соотношению минимальный рельеф и максимальный контраст путем планирования эксперимента.

В процессе исследования подобраны оптимальные режимы маркировки, путем планирования эксперимента.

Результатом проведенного исследования является готовые оптимальные режимы обработки для предприятия ООО «Синтел».

Степень внедрения: оптимизированные параметры маркировки могут быть применены в работе на предприятии ООО «Синтел».

Эффективность/значимость работы: полученные результаты решать проблему производства ООО «Синтел».

Данная ВКР размещена в электронно-библиотечной системе ТПУ

Определения, обозначения и сокращения

Контраст — разница в характеристиках различных участках изображения.

Маркировка - это процесс нанесения надписей на изделия и материалы лазерным лучом.

Планирование эксперимента - это процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью.

Оглавление	
Введение .....	13
1. Литературный обзор.....	15
1.1 Общее описание металлических материалов .....	15
1.2. Физические свойства.....	16
1.3. Химический состав.....	17
1.4. Классификация нержавеющей сталей .....	18
1.5. Области применения .....	19
1.6. Нержавеющая сталь в медицине .....	20
2. Планирование эксперимента .....	21
2.1. Параметры оптимизации.....	22
2.2. Требования к параметру оптимизации .....	22
2.3. Обобщённый параметр оптимизации .....	24
2.4. Факторы.....	24
2.5. Характеристика факторов.....	25
2.6. Требования к факторам.....	25
2.7. Выбор уровней варьирования факторов и основного уровня .....	27
2.8. Полный факторный эксперимент.....	27
2.9. Расчет коэффициентов регрессии .....	30
2.10. Минимизация числа опытов .....	32
3. Экспериментальная часть .....	33
3.1 Проверка однородности.....	41
3.2 Дисперсия.....	41
3.3 Расчет коэффициентов уравнения регрессии .....	41
3.4 Контрастность.....	43
3.5 Эталонный образец.....	63
3.6 Маркировка на основе эталонного образца .....	64
3.7 Шероховатость и контраст на подобранных режимах .....	65
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	88
4.1. Техничко-экономическое обоснование научно-исследовательской работы .....	88
4.2. Потенциальные потребители результатов исследования .....	88
4.3. SWOT-анализ .....	89
4.4. Планирование комплекса работ по проведению НТИ.....	92
4.4.1 Определение трудоемкости выполнения работ .....	93
4.4.2 Техническая готовность НТИ.....	94
4.4.3 Построение графика работ .....	96

4.5. Расчет бюджета затрат на НТИ .....	98
4.5.1 Расчет основной заработной платы исполнителей .....	100
4.5.2 Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	102
Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	102
4.5.3 Отчисления во внебюджетные фонды:.....	102
4.5.4 Расчет накладных затрат.....	102
4.5.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	103
4.6. Оценка ресурсоэффективности .....	103
5. Социальная ответственность .....	105
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	105
5.2. Производственная безопасность .....	106
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований .....	107
5.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов .....	110
5.3 Экологическая безопасность .....	115
5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду .....	115
5.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды .....	115
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	116
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований .....	117
5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	117
5.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС .....	118
Вывод.....	118
Заключение.....	120
Список использованных источников.....	121
Приложение А.....	123

## **Введение**

Процесс лазерной маркировки изделия является одним из самых важных требований при изготовлении медицинских изделий, имплантатов, инструментов и т.д. При регистрации медицинских изделий уделяют большое внимание наличию маркировочных надписей их качеству, перманентности.

Лазерная маркировка поверхности в промышленности является неотъемлемой частью производственного процесса. Маркировка-это процесс нанесения надписей на изделия и материалы лазерным лучом, с целью дальнейшей идентификации того или иного изделия. При помощи высокого качества маркировки производится строгий учет каждой из единиц продукции, а также контролируется его перемещение не только на производстве, а также вовремя сбыта той или иной продукции.

Актуальность работы: Современные технологии маркировки в настоящее время являются очень актуальными в производстве и заменяют собой общепринятые методы обработки материалов. Для производителей, направленный (сфокусированный) луч в лазерной маркировке, который регулируется количеством мощности, является оптимальным «рабочим инструментом», т.к. сам лазер –как инструмент, является быстрым устройством, которое не изнашивается и в дальнейшем не требует усилий, воздействие лазера легко поддается управлению и контролю, обладает высокой точностью, а также является экономично выгодным решением в данной деятельности.

Выбор лазерной маркировки оптимален в процессах, в которых не допускается прямое воздействие, как физических, так и химических факторов. Также решает вопрос о взаимодействии с изделием уже в конечном (выполненном) виде, маркировка возможна в труднодоступных местах и местах, которые подвержены влиянию агрессивной среды.

На данный момент существует серьезная проблема по усовершенствованию технологий защиты информации, которая наносится на

изделия. Суть этих технологий заключается в защите от незаконного вмешательства, использования и контрафакта. Неконтролируемое использование средств компаний, широко известных на рынке производителей, является одним из главных способов незаконного использования собственности организации. Ввиду огромных потерь, достигающих сотни миллионов долларов, организации с целью защиты своих интересов, нуждаются в усовершенствовании технологий для полной безопасности средств компании.

Актуальной проблемой является достижение максимального качества маркировки при минимальных ресурсах. В данной работе маркировка медицинских инструментов проводилась на лазерном маркере «RabbitFiber 20». Основная задача – достижение требуемых результатов на оборудовании, которое экономически доступно.

Целью данной работы является оптимизация параметров маркировки по соотношению минимальный рельеф и максимальный контраст путем планирования эксперимента.

Задачи, которые следует решить для достижения цели:

1. Исследование литературы по лазерной маркировке нержавеющей стали;
2. Планирование эксперимента;
3. Проведение эксперимента;
4. Обработка полученных в ходе эксперимента данных;
5. Обработка полученного результата;
6. Заключение о проделанной работе;

Объект исследования – лазерный маркер «RabbitFiber 20».

Предмет исследования – режимы лазерной маркировки.

## **1. Литературный обзор**

### **1.1 Общее описание металлических материалов**

Медицинские изделия изготавливаются согласно с законодательными требованиями, а также требованиями государственных стандартов. Например, хирургические инструменты для общего применения должны соответствовать требованиям стандарта ГОСТ 1126-7. Согласно данному стандарту, инструменты, которые находятся в контакте с организмом человека должны быть коррозионностойкими и без покрытия. Инструменты с медицинским назначением должны выдерживать воздействие температуры, влажности воздуха как в процессе изготовления, так и в момент транспортировки, хранения и эксплуатации. Поверхность медицинского инструмента должна быть без повреждений, а именно трещин, забоин, раковин, царапин, материалов шлифовки и т.д. Данным требованиям отвечает нержавеющая сталь, которая широко распространена в изготовлении изделий медицинского назначения [1].

Нержавеющая сталь — это легированная сталь, которая применяется в большинстве производств. Данная сталь обладает коррозионной устойчивостью в агрессивных средах (воздух, растворы солей, кислоты, речная и морская атмосфера и т.д.). Но говорить о том, что коррозионная стойкость абсолютна-нельзя. Нержавеющая сталь, как и все стали, подвергается коррозии в связи долгой эксплуатации, но только уже в меньшей степени, что и является существенным преимуществом.

Состав нержавеющей стали определяет выбор производителя в пользу «нержавейки». Входящие в состав железо и хром отлично дополняют друг друга. Роль хрома такова-при маркировке нержавеющей стали на поверхности образуется оксидная пленка, которая в дальнейшем препятствует образованию окислительных процессов, без которых не обходятся обычные металлы [2].

## 1.2. Физические свойства

Нержавеющая сталь известна не только коррозионной стойкостью, а также многообразием физических свойств. Физические свойства зависят от типа примеси и ее количества.

Выделяя нержавеющую сталь из ряда других металлов, следует отметить физические свойства, которые влияют на качество металла. К таким физическим свойствам относятся:

- Высокий уровень прочности. Изделия из нержавеющей стали обладают высокой устойчивостью к физическим нагрузкам, а это означает, что изделие не теряет начальную форму и не повреждается. Сталь высокого качества сохраняет свою надежность до 10 лет и более.

- Термостойкость. Нержавеющая сталь устойчива к высоким температурам, даже при условии открытого огня. При этом не изменяя размеры, форму и свойства при значительной степени перепада температуры;

- Устойчивость к внешней агрессивной среде. Данная сталь в меньшей степени подвергается изменениям в связи с условиями окружающей среды, это сказывается на дальнейшем длительном использовании изделия.

- Экологичность. Свойство металла устойчивости к коррозии препятствуют окислению. Сама сталь в своем составе не имеет вредных компонентов, это служит широкому применению в пищевой отрасли.

- Устойчивость к коррозии. Одно из главных свойств, которым обладает данная сталь, это наличие препятствия к возникновению ржавчины. Следует отметить не мало важный факт, что даже после воздействия щелочей и кислот, сплав не поддается коррозии.

- Податливость. Сплав нержавеющей стали легко поддается обработке, и при изготовлении легко достигнуть желаемой формы изделия.

- Внешний вид. Нержавеющая сталь имеет блестящий и чистый вид, который в ходе длительной эксплуатации не меняется.



При выборе марки стали с определенными свойствами, следует опираться на цели ее использования. В нынешнее время благодаря разнообразию компонентов, можно создать материал с требуемыми характеристиками.

### 1.3. Химический состав

Химический состав нержавеющей стали зависит от марки и типа сплава.

Наличие в составе стали не 10,5% хрома и низкое содержание углерода является определяющим фактором и главной особенностью нержавеющей стали. Углерод в составе стали придает должную прочность, процент которого не должен быть выше 1,2%.

В составе нержавеющей стали так же может присутствовать молибден, никель, сера, ниобий, титан, фосфор. Нержавеющая сталь подразделяется на несколько типов в зависимости от химического состава.

Самая широко известная нержавеющая сталь, это сталь группы А2. В состав стали группы А2 входит-10% никеля, 0,05% углерода и 18% хрома, 2% молибдена. Основную часть занимает железо с сопутствующими компонентами. Молибден в составе увеличивает устойчивость к воздействию кислоты.

Благодаря химическому составу, сталь данной группы легко поддается сварке, это и объясняет широкое использование в промышленности. Из данной стали производятся любой формы, с прочным соединением составных частей.

Производству стали для пищевой промышленности уделяется особое внимание, т.к. сталь с данным назначением не должна иметь таких компонентов, которые в дальнейшем могут нанести вред и повлиять на вкусовые качества продукции.

Как ранее отмечалось, антикоррозионные свойства напрямую зависят от количества хрома в сплаве, чем больше хрома тем устойчивее сплав. Стандартный сплав нержавеющей стали, который используется в обычных

условиях, содержит не более 13% хрома. В условиях агрессивной среды содержание хрома должно превысить 17%. Именно в таком процентном составе, сплав подходит для его использования в кислотной среде и сохраняет свои свойства даже в кислоте при 50% насыщенности. Если речь идет о более сильных кислотах, в составе сплава увеличивают процент никеля и другие компоненты в небольших количествах.

#### 1.4. Классификация нержавеющей стали

Классификация нержавеющей стали составляется в зависимости от страны производителя, но имеем общие принципы. Маркировка нержавеющей стали зависит от внутренней структуры материала, внутренней структуры и свойств сплава. Основываясь на данные характеристики сталь делят на следующие типы:

- Аустенитные. Группа сплавов с высоким содержанием никеля и хрома и относится к немагнитным металлам. За счет высоко содержания этих компонентов, сплав является высокопрочным и гибким в сравнении с аналогами. Сплавы данной группы устойчивы к коррозии и легко поддаются сварке, за счет этого широко используются в промышленности.

- Ферритные. Данная группа сплавов отличается высоким содержанием хрома-более 20% и являются магнитными металлами. Химический состав данной группы способствует ее устойчивости к агрессивной внешней среде. Стали данной группы экономически выгодны и широко используются в промышленности.

- Мартенситные. Данный тип стали отличается износоустойчивостью и повышенной прочностью, является термостойким и содержит минимум вредных компонентов, которые при повышении температуры не выделяют паров. К данной группе относят коррозионностойкую жаропрочную сталь.

- Комбинированные. Тип стали, который собирает все свойства вышеуказанных групп воедино. Данный тип стали разрабатывают индивидуально, опираясь на требования заказчика.

На сегодняшний день выделяют аустенитно-мартенситные и аустенитно-ферритные стали.

#### 1.5. Области применения

С момента разработки, стали типа с коррозионностойким свойством применялись только в высокотехнологичном производстве в таких как атомная энергетика, нефтехимическое производство, машиностроение, авиастроение и медицине. Основные сферы использования нержавеющей стали:

- Химическая промышленность. Данная промышленность сопровождается использованием агрессивных веществ, для содержания которых требуется специальное оборудование. В данном случае используют аустенитные сплавы. Трубы, сосуды и производственные емкости не теряют эксплуатационных свойств и не подвергаются воздействию химикатов.

- Машиностроение. Нержавеющая сталь широко используется в производстве промышленных станков, автомобилей и различных агрегатов. В данной отрасли применяются аустенитные и ферритные типы.

- Пищевая промышленность. К данной отрасли установлены высокие требования, а именно к производству, перевозке и хранению продуктов. Для обеспечения повышенного уровня гигиены возможно использовать только несколько видов пластика, стекло и нержавеющую сталь.

- Энергетика. В связи особой важностью в сфере электроэнергетики используются материалы с высокой прочностью, так как надежность и прочность рабочих узлов очень серьезный и ответственный момент в данной отрасли.

- Целлюлозно-бумажная промышленность. В данной промышленности все оборудование изготавливается из качественной нержавеющей стали.

- Строительство. Нержавеющая сталь используется в дизайне и в строительстве. На таких листах сложно оставить следы и царапины.

- Медицина. В первую очередь нержавеющая сталь безвредна для организма человека. Данная сталь не ржавеет, что позволяет придерживаться строгой гигиенической нормы [3].

#### 1.6. Нержавеющая сталь в медицине

Применение нержавеющей стали в медицине абсолютно безопасна для человеческого организма, что является самым важным фактором в использовании продукции. Соблюдая строгие гигиенические нормы сталь по определению не ржавеет. Как ранее было рассмотрено, это связано с большим содержанием хрома, который образует на месте маркировки оксидную пленку, которая имеет свойство самовосстанавливаться. Так же определяющий фактор — это долгий срок службы, который можно обеспечить путем соблюдения правил ухода и аккуратного использования.

Нержавеющая сталь, как материал является твердым, игнорируя наличие никеля, который как раз и добавляется с целью повышения технологичности. На материале в ходе эксплуатации не появляются царапин и вмятин от случайных ударов. Учитывая тот факт, что при появлении такого повреждения, данная среда становится благоприятной для размножения бактерий, которые ранее не могли задержаться на шлифованной поверхности, это в очередной раз подтверждает соблюдения требований стерильности медицинских инструментов.

Дезинфекция медицинских инструментов так же проводится в условиях значительного нагрева-до 600<sup>0</sup>С. Одно из свойств нержавеющей стали это термостойкость, что в очередной раз доказывает актуальность использования нержавеющей стали в медицине.

Медицинские инструменты имеют очень сложную геометрическую форму, которую требуется соблюсти. В случае с нержавеющей сталью в промышленных условиях можно придать изделию абсолютно любую форму [4].

## 2. Планирование эксперимента

Планирование эксперимента -выбор плана эксперимента, отвечающим заданным требованиям

Данный метод преследует главные цели, а именно:

- Сокращение количества опытов при этом соблюдая требования по отношению к точности и достоверности результатов;
- Повышение содержательности каждого из экспериментов.

При этом важно следующее:

- Математический аппарат, который формализует действия экспериментатора;
- Сокращение числа опытов;
- Четкая стратегия, для точного решения;
- Изменение переменных, по определённым алгоритмам.

К решению задач методом планирования эксперимента предъявляются определенные требования. Возможность управления экспериментом и условия его воспроизводимости является основными требованиями, которые предъявляются к данному методу.

Промежуток между повторяющимися экспериментами характеризует воспроизводимость результатов, то есть ряд экспериментов с определённым количеством повторений, проведенные в разные отрезки времени. Разница в данных результатах является воспроизводимость результатов. Исходя из вышесказанного, можно сделать следующий вывод: если параметр соответствует заданной величине, не превышая его, параметр отвечает заданным требованиям.

При проведении исследований различают активный и пассивный эксперимент. Пассивный эксперимент предполагает собой большое количество серии опытов с поочередным варьированием значений переменных и анализом результатов входных переменных.

Активным эксперимент является в том случае, если в эксперименте есть возможность выбора фактора и уровней, которые важны и интересны для экспериментатора, а объект является управляемым.

Данный метод не всегда пригоден к любому эксперименту. В реальности нет объектов, которыми можно управлять. Объекты, которые неуправляемые, подвергаются управляемым и неуправляемым факторам, которыми управлять не представляется возможным. Значимость неуправляемого фактора колоссальна, т.к. данный фактор является причиной наличия погрешностей и нарушений, что по итогу приведет к неточности результата и его недостоверности.

### 2.1. Параметры оптимизации

Параметр оптимизации - это характеристика цели, заданную количественно, проще говоря признак, по которому происходит процесс. Параметр оптимизации является количественным и задается числом. Параметр же является реакцией как факторы влияют на эксперимент и его результат.

На практике объекты и процессы являются очень сложными, в ходе проведения экспериментальных исследований происходит учет одновременно нескольких параметров сразу. Объект характеризуется параметрами или совокупностью параметров, или вовсе это может быть один параметр оптимизации. В случае одного параметра, участвующего в процессе, другие характеристики являются ограничением.

### 2.2. Требования к параметру оптимизации

Параметром оптимизации чаще всего выступает признак, по которому производится оптимизация процесса. Данный параметр может отображать различное множество комбинаций значений, такое множество значений обозначается – областью определения параметра оптимизации. Области определения параметра оптимизации делятся на несколько групп в зависимости от их механизма. К данным группам относятся:

- Ограниченные и неограниченные;

- непрерывные и дискретные.

Чаще всего применяют количественную оценку данного параметра, однако в частных случаях решения определенных задач, количественная оценка параметра оптимизации не всегда может быть применима. В таких случаях уместен прием-ранжирование. Если отсутствует возможность применения количественной оценке прибегают к использованию метода ранжирования (ранговый подход). При использовании данного подхода параметру оптимизации присваиваются ранги (оценки), т.е. заранее выбранные диапазоны (шкалы) оценивания, например, двухбалльная, пятибалльная шкалы и т.д. Ранговая система отображается в дискретной ограниченной области, т.е. чаще всего содержит два значения, например, рассмотрим систему проверки продукции для простоты и быстроты процесса применяют именно ранговую систему, по существующим технологическим параметрам продукция отбраковывается и в данном случае в ранговую систему заносится номенклатура и область годная продукция или брак. В связи с этим рассматриваемый параметр должен удовлетворять следующим требованиям:

Параметр оптимизации должен отражать количественные данные, однако в частных случаях может выступать в качестве ранга. Следующее требование выражается в получение одного числа и одной системной единице. Третье требование заключается в принципе однозначности параметра, т.е. рассматриваемый параметр должен соответствовать набору факторов. Следующее требование является наиболее важным и приоритетным, оно заключается в том, что для эффективной оценки функционирования заранее заявленной системы, выбор параметра оптимизации должен достигаться путем последовательного подхода.

Пятое требование заключается в том, что параметр оптимизации должен быть универсальны или отражать полноту. В качестве универсальности данного параметра выступает его способность в описании различных параметров объекта исследования, однако на практике возникает

такое, что исследуемые параметры не могут быть универсальны, например, параметры технологичности не могут быть универсальными так, как экономическая сторона не учитывается. Заключительное требование характеризует параметр оптимизации, простой в вычислениях и физически обоснованный. Физический смысл для параметра оптимизации необходимая мера для дальнейшего обоснования полученных результатов эксперимента. Не сложно объяснить, что значит максимум извлечения, максимум содержания ценного компонента. Эти и подобные им технологические параметры оптимизации имеют ясный физический смысл, но иногда для них может не выполняться, например, требование статистической эффективности. Тогда рекомендуется переходить к преобразованию параметра оптимизации.

### 2.3. Обобщённый параметр оптимизации

Преобразование параметра оптимизации заключается в приведении его к обобщённому.

Каждый результат имеет физический смысл и свою размерность. Чтобы объединить различные отклики, прежде всего приходится ввести для каждого из них некоторую безразмерную шкалу. Шкала должна быть однотипной для всех объединяемых откликов-это делает их сравнимыми. Выбор шкалы-не простая задача, зависящая от априорной информации об откликах, а также от той точности, с которой определяется обобщенный признак.

После построения для каждого отклика безразмерной шкалы, возникает следующая трудность-выбор правила комбинирования исходных частных откликов в обобщенный показатель. Единого правила не существует. Здесь можно идти различными путями, и выбор пути неформализован.

### 2.4. Факторы

В ходе эксперимента, если какой-либо из факторов, участвующий в оптимизации процесса будет не задействован, то это существенно повлияет на достоверность результата. Если данный фактор будет находится на одном



уровне, это может привести к недостоверным результатам, т.к. нет уверенности в том, что уровень будет оптимальным.

С другой стороны, большое число факторов увеличивает число опытов и размерность факторного пространства. Число опытов равно  $rk$ , где  $r$  - число уровней, а  $k$  - число факторов. В данном случае будет целесообразно сократить количество опытов.

## 2.5. Характеристика факторов

Величины, которые носят дискретный характер или же являются переменными, который в разный момент времени преобразуются в определённые значения и различными характеристиками влияют на объект исследования называются фактором. Факторы должны входить в определённую область, в рамках которой факторы перебирают значения конкретной для той или иной области. Как говорилось ранее область определения существуют в двух группах непрерывной или дискретной. В ходе планировании эксперимента значения факторов принимаются дискретными, что связано с уровнями факторов. Задачи с практическим применением имеют области определения факторов имеют ограничения, которые носят либо принципиальный, либо технический характер. Также факторы самостоятельно могут отражать различный смысл в зависимости от решения поставленной задачи. В таком случае факторы разделяются на количественные и качественные. Факторы, которые относятся к количественному показателю отражают числовые показатели, качественная интерпретация заключается в отражении показателей, как признаков, особенностей объекта исследования.

## 2.6. Требования к факторам

При проведении эксперимента используя условия данного метода, следует учитывать важный момент, как управляемый фактор. Фактор, который является управляемым подразумевает под собой, что в течении всего эксперимента значение данного фактора будет постоянным, а

эксперимент будет спланированным только в том случае, если все факторы эксперимента отвечают всем требованиям.

Операциональное определение в данном случае, это точное определение фактора. Для этого требуется с предельной точностью указать последовательность операция, это напрямую влияет на точность значений.

Если фактор оказывает влияние на тот или иной механизм в эксперименте, то существует требование к этому влиянию, а именно следует указать как это влияние происходит, за счет чего и на каком из частей механизма. В данном случае, операциональное определение фактора дает его четкое значение.

Фактор должен стремиться к предельному значению точности той или иной системы. Точность измеряется наработкой статистики и далее путем измерения относительного изменения факторов отображается числовая интерпретация точности. Данное измерение зависит от объема поставленных задач в рамках одного эксперимента, а также зависит от характера решаемой задачи. Если рассмотреть задачи, которые зависят от времени процесса, то в некоторых исследованиях процесс реализуется за несколько часов или дней, например, термическая обработка изделия, которая напрямую ставит задачу перед научным сотрудником в подборе параметров времени термического воздействия, и другое исследование в которой изучается распространение волн в материале, в данном случае процесс проходит за несколько секунд.

Сложные факторы в эксперименте необходимы для демонстрации изменений особенностей объекта.

При планировании эксперимента одновременно изменяют несколько факторов, поэтому необходимо знать требования к совокупности факторов. Прежде всего выдвигается требование совместимости. Совместимость факторов означает, что все их комбинации осуществимы и безопасны.

Несовместимость факторов наблюдается на границах областей их определения и избавиться от нее можно сокращением областей. Положением усложняется, если несовместимость проявляется внутри областей

определения. Одно из возможных решений-разбиение на подобласти и решение двух отдельных задач.

Важный момент в данном методе это возможность расположить фактор на любом из уровней. При этом не имеет значение, на каком из уровней находятся другие факторы. Если данное условие выполняется, то эксперимент можно считать выполнимым.

## 2.7. Выбор уровней варьирования факторов и основного уровня

Заданным фактор можно считать в том случае, если есть название и область определения этого фактора. Фактор в выбранной области имеет несколько значений, которые соответствуют его различным состояниям.

В данном методе значения факторов, соответствующие определенным уровням их варьирования, выражают в кодированных величинах. Разность между двумя значениями является интервал варьирования фактора.

При выборе области определения факторов особое внимание уделяют на выбор нулевой точки, или нулевого (основного) уровня. Выбор нулевой точки эквивалентен определению исходного состояния объекта исследования. Оптимизация связана с улучшением состоянием объекта по сравнению с состоянием в нулевой точке. Поэтому желательно, чтобы данная точка была в области оптимума или как можно ближе к ней, тогда ускоряется поиск оптимальных решений.

С увеличением числа уровней повышается чувствительность эксперимента, но одновременно возрастает число опытов. При построении моделей второго порядка необходимы 3,4 или 5 уровней, причем здесь наличие нечетных уровней указывает на проведение опытов в нулевых (основных) уровнях.

В каждом отдельном случае число уровней выбирают с учетом условий задачи и предполагаемых методов планирования эксперимента.

## 2.8. Полный факторный эксперимент

Эксперимент, проведенный по методу планированию эксперимента начинается со сбора информации, в первую очередь. На основании этой

информации производится анализ, который в дальнейшем способствует представлению о параметре, условиях эксперимента, о факторах и т.д.

Как и любой эксперимент, метод планирования эксперимента начинается со сбора информации и ее анализа. Источником информации служит литература, эксперименты на основании одного фактора, сбор информации со специалистов данной отрасли. Однофакторные эксперименты нецелесообразны, как с экономической точки зрения, так и со стороны затраты времени.

Следующий этап заключается в выборе основного уровня и интервала варьирования между ними (основной, нижний, верхний уровни). Выбор делается на основе анализа информации.

Число опытов для дальнейших их реализации, основывается на выбранном числе факторов.

Эксперимент, в котором есть возможность реализовать все сочетания факторов является полным. В ходе эксперимента, как и в любом другом, есть достаточное количество значений, которые принято фиксировать в таблице. Таблица, которая применяется в эксперименте с применением метода планирования эксперимента называется матрица планирования эксперимента.

Пример такой таблицы представлен в таблице 1.

Таблица 1. Матрица планирования эксперимента

Номер опыта	$X_1$	$X_2$	$y$
1	+1	+1	$y_1$
2	-1	+1	$y_2$
3	+1	-1	$y_3$
4	-1	-1	$y_4$

При заполнении матрицы планирования значения уровней факторов, в целях упрощения, обозначают соответствующими знаками, а цифру 1

опускают. С учетом взаимодействия факторов  $x_1$  и  $x_2$  таблицу 1 можно переписать следующим образом, как указано в таблице 2.

Таблица 2. Матрица планирования

Номер опыта	$X_1$	$X_2$	$X_1 X_2$	$y$
1	+	+	+	$y_1$
2	-	+	-	$y_2$
3	+	-	-	$y_3$
4	-	-	+	$y_4$

Каждый столбец в матрице планирования называют вектор-столбцом, а каждую строку-вектор-строкой. Таким образом в таблице 1 мы имеем два вектора-столбца независимых переменных и один вектор-столбец параметра оптимизации.

Вариант первый при котором, происходит добавление нового фактора каждая комбинация уровней исходного фактора встречается дважды, в сочетании с верхним и нижним уровнями нового фактора. При этом следует записать исходный план для одного уровня нового фактора, а затем повторить его для другого уровня. Этот прием можно применить для матриц любой размерности.

Во второй приеме вводится правило перемножения столбцов матрицы. При построчном перемножении уровней исходной матрицы получаем дополнительный столбец произведения  $x_1 x_2$ , далее повторим исходный план, а у столбца произведений знаки поменяем на обратный. Этот прием применим для построения матриц любой размерности, однако он сложнее, чем первый.

Третий прием основан на чередовании знаков. В первом столбце знаки меняются поочередно, во втором столбце они чередуются через два раза, третьем- через четыре, четвертом-через восемь и т.д. по степеням двойки.

Пример построения матриц планирования  $2^3$  представлен в таблице 2.

Таблица 3. Пример матрицы планирования эксперимента  $2^3$

Номер опыта	$X_1$	$X_2$	$X_1 X_2$	$y$
1	+	+	+	$y_1$
2	-	+	+	$y_2$
3	+	-	+	$y_3$
4	-	-	+	$y_4$
5	+	+	-	$y_5$
6	-	+	-	$y_6$
7	+	-	-	$y_7$
8	-	-	-	$y_8$

## 2.9. Расчет коэффициентов регрессии

На основании матрицы планировании проводят эксперимент, и на основании полученных данных производится расчёт коэффициентов регрессии.

Значение свободного члена ( $b_0$ ) берут как среднее арифметическое всех значений параметра оптимизации в матрице, представлено в формуле (1):

$$b_0 = \frac{\sum_1^N y_u}{N} \quad (1)$$

где  $y_u$ -значения параметра оптимизации в  $u$ -м опыте;

$N$ -число опытов в матрице.

Линейные коэффициенты регрессии рассчитывают по формуле

$$b_i = \frac{\sum_1^N x_{iu} y_u}{\sum_1^N x_{iu}^2} = \frac{\sum_1^N x_{iu} y_u}{N}, \quad (2)$$

где  $x_{iu}$ -кодированное значение факторов  $x_i$  в  $u$ -м опыте.

Коэффициенты регрессии, характеризующие парное взаимодействие факторов, находят по формуле

$$b_{ij} = \frac{\sum_1^N x_{iu}x_{ju}y_u}{\sum_1^N x_{iu}^2} = \frac{\sum_1^N x_{iu}x_{ju}y_u}{N}, \quad (3)$$

Рассмотрим пример расчета коэффициентов регрессии для планирования  $2^2$ , матрица планирования которой приведена в таблице 2.

$$\begin{aligned} b_0 &= \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4}{4}; \\ b_1 &= \frac{+y_1 - y_2 + y_3 - y_4}{4}; \\ b_2 &= \frac{+y_1 + y_2 - y_3 - y_4}{4}; \\ b_{12} &= \frac{+y_1 - y_2 - y_3 + y_4}{4}; \end{aligned}$$

Рассмотрим уравнение регрессии для  $k=3$ .

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_3x_2,$$

$b_0$  – свободный член;

$b_1, b_2, b_3$  – линейные коэффициенты;

$b_{12}, b_{13}, b_{23}$  – коэффициенты двойного взаимодействия;

$b_{123}$  – коэффициенты тройного взаимодействия.

Полное число всех возможных коэффициентов регрессии, включая  $b_0$ , линейные коэффициенты и коэффициенты взаимодействия всех порядков, равно числу опытов полного факторного эксперимента. Чтобы найти число взаимодействий некоторого порядка, можно воспользоваться формулой числа сочетаний (4).

$$C_k^m = \frac{k!}{m!(k-m)!}, \quad (4)$$

где  $k$  – число факторов;  $m$  – число элементов во взаимодействии.

Так, для плана  $2^4$  число парных взаимодействий равно шести.

$$C_4^2 = \frac{4!}{2!2!} = 6. \quad (5)$$

Отсюда видно, что с ростом числа факторов число возможных взаимодействий быстро растет.

## 2.10. Минимизация числа опытов

Рассмотрим матрицу планирования типа  $2^2$ .

Таблица 4. Матрица планирования типа  $2^2$

Номер опыта	$X_1$	$X_2$	$(X_3)$ $X_1 X_2$	$y$
1	+	+	+	$y_1$
2	+	-	-	$y_2$
3	+	+	+	$y_3$
4	+	-	-	$y_4$

Пользуясь таким планированием, можно вычислить четыре коэффициента и представить результаты эксперимента в виде неполного квадратного уравнения

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2.$$

Достаточно определить три коэффициента:  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ , если есть основания полагать, что в данных интервалах варьирования процесс может быть описан линейной моделью. Остается одна степень свободы. Употребим ее для минимизации числа опытов. При линейном приближении  $b_{12} > 0$  и вектор-столбец  $x_1x_2$  можно использовать для нового фактора  $x_3$ . Поставим этот фактор в скобках над взаимодействием  $x_1x_2$  и посмотрим, каковы будут оценки коэффициентов. Здесь уже не будет тех отдельных оценок, которые были в полном факторном эксперименте. Оценки смешиваются следующим образом:

$$b_1 \rightarrow \beta_1 + \beta_{23};$$

$$b_2 \rightarrow \beta_2 + \beta_{13};$$

$$b_3 \rightarrow \beta_3 + \beta_{12};$$

Вместо восьми опытов для изучения трех факторов, можно использовать четыре. При этом матрица планирования не теряет своих оптимальных свойств. Найденное правило можно сформулировать: чтобы сократить число опытов, нужно новому фактору присвоить вектор-столбец матрицы, принадлежащей взаимодействию, которым можно пренебречь,



тогда значения нового фактора в условиях опытов определяется знаками этого столбца [5].

### 3. Экспериментальная часть

В качестве факторов планирования были выбраны основные параметры маркировки:

- $x_1$  – мощность;
- $x_2$  – скорость;
- $x_3$  – частота;
- $x_4$  – количество проходов.

Величина параметров факторов планирования выбиралась на основании ранее проведенного эксперимента в котором было показано, что самые оптимальные параметры маркировки имеют значения, приведённые в таблице 5. Зная факторы планирования основные верхние и нижние уровни можем составить матрицу планирования эксперимента, который включает в себя 16 опытов, которые приведены в таблице 6.

Таблица 5- Факторы планирования и их значения

Параметр	Обозначение	Значение
Мощность, Вт	$X_1$	90
Скорость, мм/с	$X_2$	375
Частота, Гц	$X_3$	25
Количество проходов	$X_4$	2

На основании выбранных значений факторов парирования была создана матрица планирования эксперимента, которая имеет вид, представленный в таблица 6.

Таблица 6 – матрица планирования эксперимента

<b>Факторы</b>	<b>x1</b>	<b>x2</b>	<b>x3</b>	<b>x4</b>
<b>Основной уровень</b>	90	375	25	2
<b>Интервал варьирования</b>	10	125	5	1
<b>Верхний уровень (+)</b>	100	500	30	3
<b>Нижний уровень (-)</b>	80	250	20	1
1	+	+	+	+
2	-	+	+	+
3	+	-	+	+
4	-	-	+	+
5	+	+	-	+
6	-	+	-	+
7	+	-	-	+
8	-	-	-	+
9	+	+	+	-
10	-	+	+	-
11	+	-	+	-
12	-	-	+	-
13	+	+	-	-
14	-	+	-	-
15	+	-	-	-
16	-	-	-	-

В соответствии с матрицей планирования была нанесена маркировка на 16 образцов. Каждому образцу соответствовал свой номер эксперимента, взятый из матрицы планирования (таблица 6). Величина параметров маркировки для каждого образца выбиралась из таблицы 6. Например, для образца №1 устанавливались верхние уровни значений параметров маркировки: мощность – 100 Вт, скорость - 500 мм/с, частота-30 Гц, количество проходов - 3. В матрице планирования данный опыт обозначен знаками «+» для всех факторов планирования.

После нанесения маркировки образцы подверглись обработке.

Процесс дезинфекции проходил в дезинфекционно-моечной машине DGM (рисунок 1). В данной машине есть несколько режимов очистки, в зависимости от назначения очищаемых изделий и степени загрязнения.



Рисунок 1. Дезинфекционно-моечная машина DGM

На предприятии ООО «Синтел» распространённая программа очистки Р2, стандартная программа которая состоит из следующих стадий:

1. Холодная предварительная чистка
2. Мойка при 600 с щелочным средством
3. Фаза нейтрализации с кислотным средством (для того что бы нейтрализовать щелочное средство кислотным средством)
4. Термическая дезинфекция с умягчителем при температуре 900.

В качестве дезинфицирующего средства использовались - Хелиматик Клинер Алкалайн (щелочное средство) и Хелиматик Нейтрализер Форте (кислотное средство).

Средство «Хелиматик Клинер Алкалайн» представляет собой прозрачную жидкость от желтого до коричневого цвета со специфическим запахом. Содержит в качестве действующего вещества натрия гидроокись —  $4,9 \pm 0,2$  %, композицию анионогенных и неионогенных ПАВ, ингибиторы коррозии и другие функциональные и технические компоненты pH концентрата средства—13,5 ед. pH 0,5 % раствора средства — 11,5–12,1 ед. Относительная плотность концентрата средства при 20 °C = 1,110– 1,130 г/см<sup>3</sup>. Рабочие средства «Хелиматик Клинер Алкалайн» обладают хорошими моющими свойствами в условиях высокого органического загрязнения и предназначены для очистки (мойки) изделий медицинского назначения и других изделий, из материалов, устойчивых к действию щелочных растворов, не применяются для очистки изделий из алюминия! Низкий уровень пенообразования рабочих растворов средства «Хелиматик Клинер Алкалайн» позволяет применять его в моюще-дезинфицирующих (МД) машинах и в ультразвуковых (УЗ) установках в широком диапазоне температур: от +10 до +93 °C.

Средство «Хелиматик Нейтрализер Форте»—кислотный нейтрализатор

на основе ортофосфорной кислоты, представляет собой прозрачную бесцветную жидкость, содержит в качестве действующего вещества ортофосфорную кислоту (в перерасчете на 100 % основного вещества) 57,0–63,0 %, а также функциональные компоненты. Относительная плотность нейтрализатора — 1,400–1,450 г/см<sup>3</sup>.

Наряду с измерениями контрастности были проведены измерения шероховатости. В работе был использован Профилометр Surftest SJ-210 – базовый прибор для измерения шероховатости от японской компании Mitutoyo Corporation (Япония). Модификации SJ-210 используются для

быстрого и точного измерения шероховатости прямолинейных поверхностей. Погрешность измерений находится в пределах 5%. Действие приборов основано на механическом ощупывании неровностей профиля алмазным щупом и преобразования его колебаний в значения шероховатости микропроцессорным блоком. В качестве щупа используется алмазный наконечник радиусом 2 мкм. Профилометр указан на рисунке 2.



Рисунок 2. Профилометр Surftest SJ-210

Результаты измерения шероховатости приведены в таблице 7.

Таблица 7- Результаты измерения шероховатости

№ образца	Значение шероховатости, мкм			
	Ra	Ra	Ra	Ra
1	0,506	0,468	0,469	0,481
2	0,506	0,381	0,380	0,422
3	1,312	1,373	1,354	1,346
4	0,555	0,528	0,557	0,546
5	0,583	0,588	0,582	0,584
6	0,479	0,394	0,392	0,421
7	0,807	0,689	0,728	0,741
8	0,754	0,712	0,676	0,714
9	0,827	0,571	0,572	0,656
10	0,319	0,321	0,318	0,319
11	0,433	0,345	0,353	0,377
12	0,455	0,373	0,378	0,402

13	0,465	0,299	0,301	0,355
14	0,486	0,410	0,413	0,436
15	0,749	0,983	0,952	0,894
16	0,408	0,481	0,555	0,481

Контраст измерялся в трех точках каждого образца при помощи программного обеспечения «PixelProfile». Характеристика «контраст» была принята за параметр оптимизации. Результаты расчета приведены в таблице 7.

Исходя из полученных данных проводили математическую обработку эксперимента.

1. Расчет среднего арифметического в строке (5):

$$\bar{y} = \sum y_i / n, \quad (5)$$

где  $y_i$  - результаты опыта

$n$  - количество параллельных опытов.

2. Расчет дисперсии среднеарифметического строки (6):

$$S_i^2 = \sum (y_i - \bar{y})^2 / (n-1), \quad (6)$$

где  $(n-1)$  – число степеней свободы, равное количеству опытов минус 1- одна степень свободы используется для вычисления среднего;

$n$  – количество параллельных опытов;

$y_i$  – параметр оптимизации (контраст).

Среднеквадратичное отклонение или квадратичная ошибка (7):

$$S = \sqrt{S_i^2}. \quad (7)$$

Таблица 7 – Результаты расчета контрастности

Фак-Торы	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>1,2</sub>	x <sub>1,3</sub>	x <sub>1,4</sub>	x <sub>2,3</sub>	x <sub>2,4</sub>	x <sub>3,4</sub>	x <sub>1,2,3</sub>	x <sub>1,2,4</sub>	x <sub>2,3,4</sub>	x <sub>1,3,4</sub>	x <sub>1,2,3,4</sub>	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>3</sub>	y <sup>-</sup>	S <sub>i</sub> <sup>2</sup>	S <sub>i</sub>
Основной уровень	90	375	25	2																	
Интервал варьирования	10	125	5	1																	
Верхний уровень	100	500	30	3																	
Нижний уровень	80	250	20	1																	
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0,33	0,52	0,57	0,473	0,005	0,07
2	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-	0,5	0,57	0,66	0,576	0,084	0,288
3	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	0,76	0,7	0,73	0,73	0,215	0,463
4	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	0,77	0,70	0,74	0,736	0,001	0,031
5	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	0,79	0,8	0,77	0,786	0,001	0,031
6	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	+	-	-	+	+	0,69	0,68	0,69	0,68	0,001	0,031
7	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-	+	-	+	0,75	0,70	0,68	0,71	0,217	0,032

Фак- Торы	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>12</sub>	x <sub>13</sub>	x <sub>14</sub>	x <sub>23</sub>	x <sub>24</sub>	x <sub>34</sub>	x <sub>1.2.3.</sub>	x <sub>1.2.4</sub>	x <sub>2.3.4</sub>	x <sub>1.3.4</sub>	x <sub>1.2.3.4</sub>	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>3</sub>	y <sup>-</sup>	S <sub>i</sub> <sup>2</sup>	S <sub>i</sub>
8	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	0,81	0,88	0,83	0,84	0,243	0,033
9	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	0,69	0,64	0,7	0,676	0,109	0,330
10	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	+	0,73	0,76	0,7	0,73	0,001	0,031
11	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+	-	+	0,72	0,69	0,59	0,666	0,001	0,031
12	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	0,70	0,63	0,59	0,64	0,001	0,0031
13	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	0,68	0,68	0,72	0,693	0,001	0,031
14	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	0,70	0,73	0,69	0,706	0,001	0,031
15	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	0,73	0,67	0,61	0,67	0,001	0,0031
16	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	0,66	0,70	0,66	0,673	0,001	0,031



### 3.1 Проверка однородности

Проверка однородности дисперсий проводится по критерию Кохрена, в случае однородности рассчитанное значение должно быть меньше табличного (8):

$$F = S^2_{\max} / S^2_{\min} < F_{\text{табл.}} \quad (8)$$

Табличное значение выбирается в соответствии со степенями свободы:

$f_1 = n_1 - 1$ ;  $f_2 = n_2 - 1$ ; где  $n_1, n_2$  – количество наблюдений в одном и другом опыте.

$$S^2_{\max} = 0,243, S^2_{\min} = 0,0001, F_{\text{табл.}} = 0,3346(f_1, f_2 = 2),$$

$$F = 0,243 / 0,883 = 0,275 < 0,3346$$

Исходя из выше проделанных расчетов, можно сделать вывод, что дисперсия однородна т.к. экспериментальное значение критерия Кохрена не превышает табличное значение.

### 3.2 Дисперсия

Так как дисперсия однородна, мы можем посчитать дисперсию всего эксперимента (9):

$$S^2_{\{y\}} = \sum S_i^2 / N, \quad (9)$$

где  $S_i^2$  - дисперсия i-ого опыта,  $N$  – число опытов.

$$S^2_{\{y\}} = 0,055/16=0,0551875$$

### 3.3 Расчет коэффициентов уравнения регрессии.

Уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{1.2}x_{1.2} + b_{1.3}x_{1.3} + b_{1.4}x_{1.4} + b_{2.3}x_{2.3} + b_{2.4}x_{2.4} + b_{3.4}x_{3.4} + b_{1.2.3}x_{1.2.3} + b_{2.3.4}x_{2.3.4} + b_{1.3.4}x_{1.3.4} + b_{1.2.4}x_{1.2.4} + b_{1.2.3.4}x_{1.2.3.4};$$

где  $y$  - параметр оптимизации;

$x_1, x_2, x_3, x_4$  – независимые факторы планирования.

Коэффициенты уравнения регрессии рассчитываются по формулам (10):

$$b_0 = \sum y_i / N, b_i = \sum x_i y_i / N \quad (10)$$

Значения рассчитанных коэффициентов уравнении регрессии приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Рассчитанные коэффициенты уравнения регрессии.

Коэффициент уравнения регрессии	Значение	Коэффициент уравнения регрессии	Значение
$b_0$	0,687	$b_{2.3}$	-0,01844
$b_1$	-0,1144	$b_{2.4}$	-0,04069
$b_2$	-0,02119	$b_{3.4}$	-0,02981
$b_3$	-0,03356	$b_{1.2.3}$	-0,02481
$b_4$	-0,005187	$b_{2.3.4}$	0,013938
$b_{1.2}$	0,002688	$b_{1.3.4}$	-0,02394
$b_{1.3}$	-0,00569	$b_{1.2.4}$	-0,00419
$b_{1.4}$	-0,00594	$b_{1.2.3.4}$	-0,01606

Где  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ ,  $b_4$  – коэффициенты уравнения регрессии, которые показывают влияние того или иного фактора планирования

Исходя из рассчитанных данных приведенных в таблице 8, можно сказать, что минимальное влияние на контраст оказывает увеличение количество проходов. Если рассматривать совместное влияние факторов, то  $b_{1.3}$ . (мощность и скорость). Максимальное влияние оказывает  $b_{2.4}$ . (скорость и количество проходов).

На основании рассчитанных коэффициентов уравнения регрессии, установлено, что увеличение каждого параметра оптимизации в отдельности способствует уменьшению значения контрастности при стандартных значениях остальных параметров оптимизации. При этом значительное влияние на уменьшение контрастности оказывает увеличение скорости (значение коэффициента  $b_1$  самое низкое относительно коэффициентов  $b_2$ -

b<sub>4</sub>). Самое незначительное влияние на уменьшение величины контрастности оказывает величина количества проходов (коэффициент b<sub>4</sub> равен – 0,005187).

Основываясь на эффектах взаимодействия можно сказать, что совместное увеличение мощности и скорости лазерной маркировки (коэффициент b<sub>1,2</sub>) приводит к увеличению контрастности. Кроме того, к увеличению контрастности приводит совместное увеличение скорости, частоты и количества проходов (коэффициент b<sub>2,3,4</sub>), причем в большей степени, чем совместное увеличение мощности и скорости, т.к. коэффициент b<sub>2,3,4</sub> больше, чем коэффициент b<sub>1,2</sub>.

Поэтому увеличение контрастности возможно двумя путями :

1.одновременное увеличение мощности и скорости при условии, что частота и кол. проходов остаются на основном уровне;

2.одновременное увеличение скорости, частоты и кол.проходов при условии что мощность остается на основном уровне.

На основании полученных данных сформированы оптимальные режимы приведенные в таблице №9.

Таблица 9 – Режимы маркировки

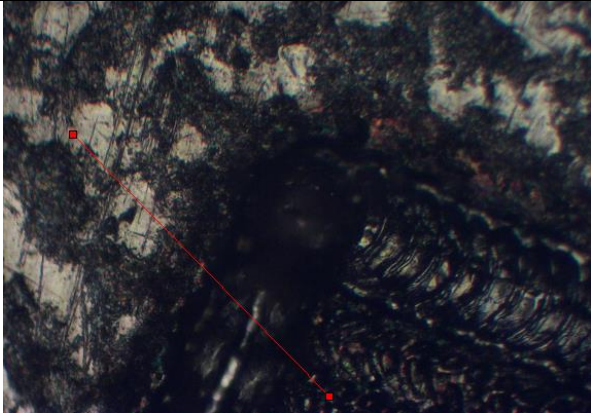
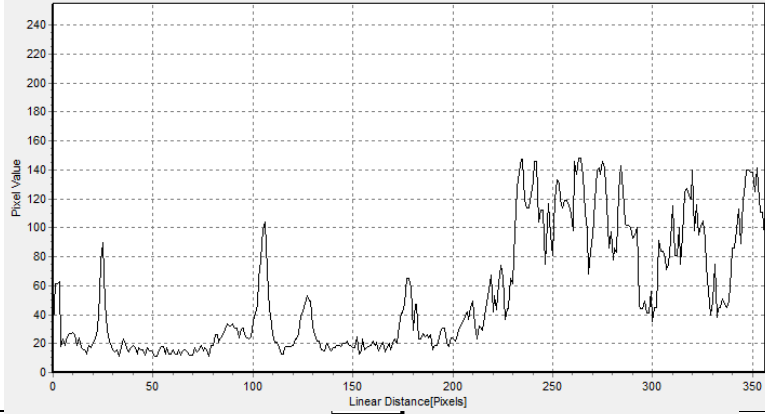
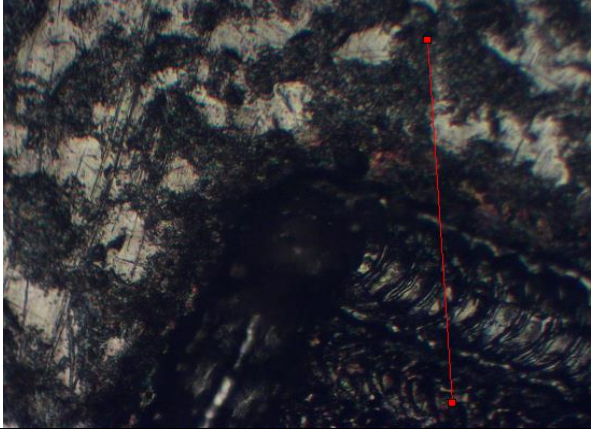
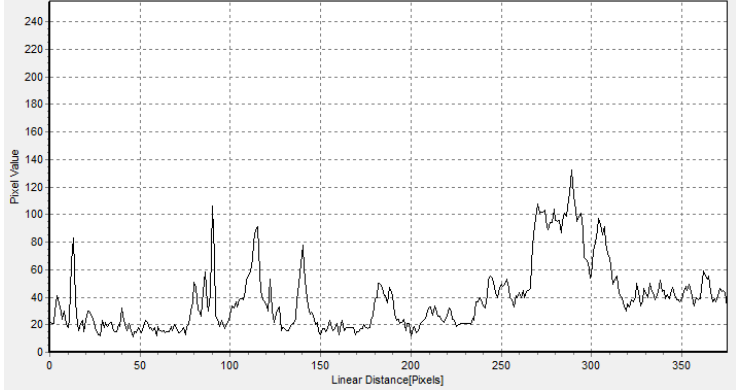
Параметр маркировки	Режим № 1	Режим №2
Мощность, Вт	110	90
Скорость, мм/с	620	625
Частота, Гц	25	35
Количество проходов	2	4

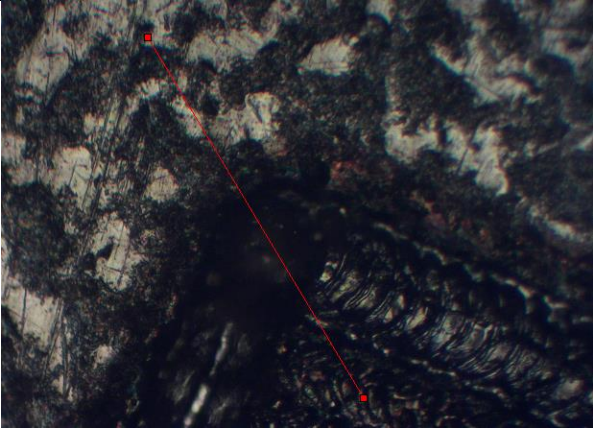
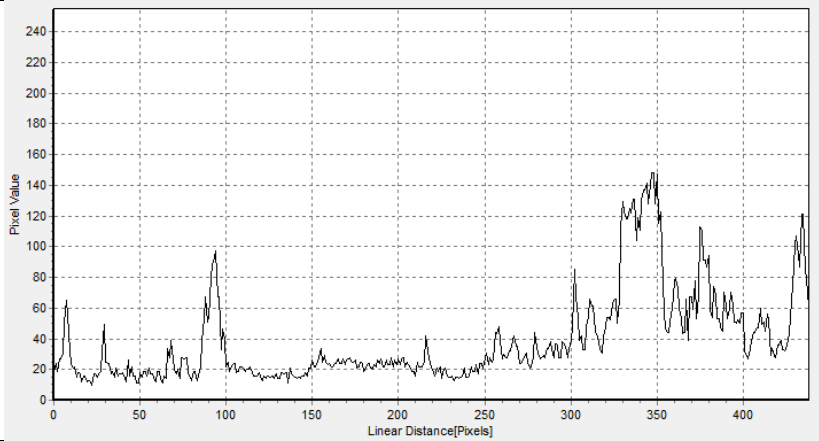
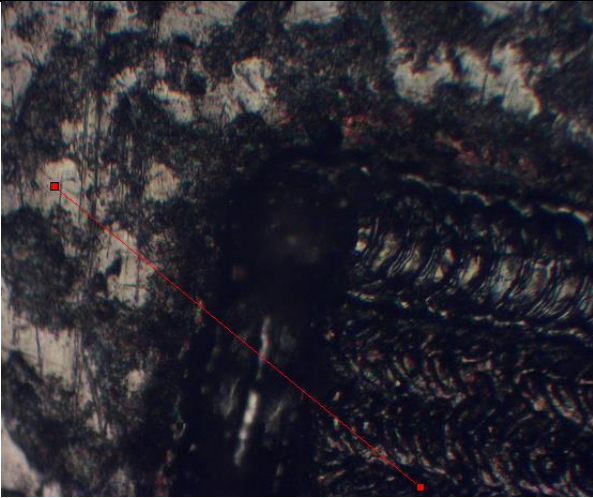
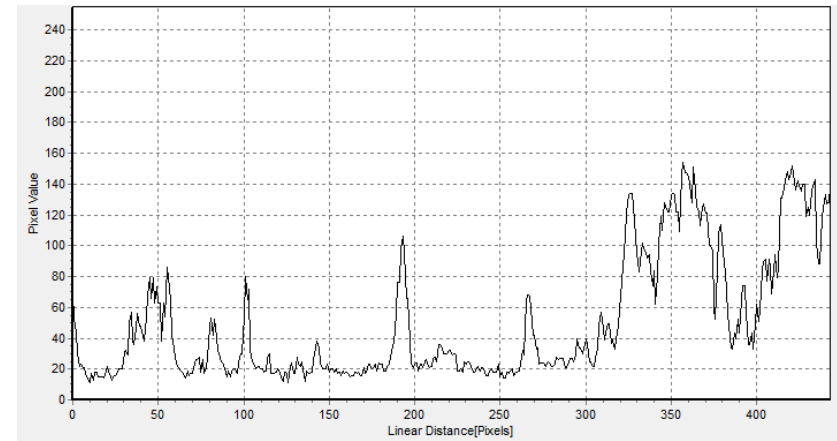
### 3.4 Контрастность


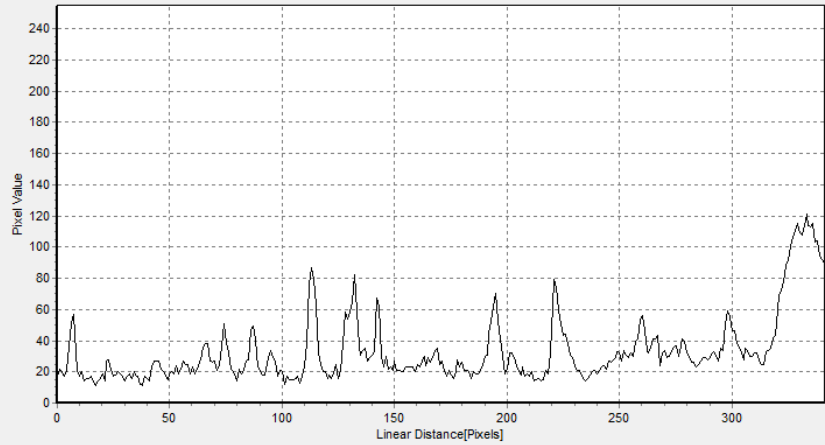

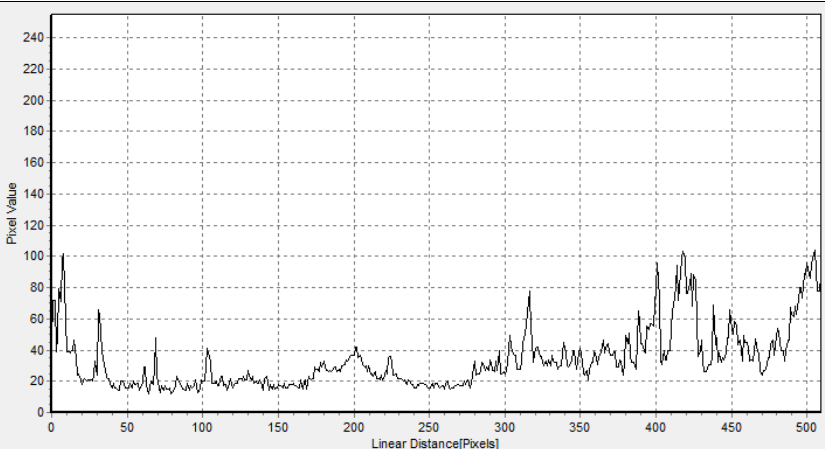
Была нанесена маркировка на образцы по режимам, соответствующим таблице 9 и определен контраст в трех точках каждого образца. Результаты приведены в таблице № 10.

Маркировка наносилась двумя способами, с обработкой и без обработки. Обработка заключалась в снятии поверхностного оксидного слоя, при минимальной мощности и максимальной скорости.

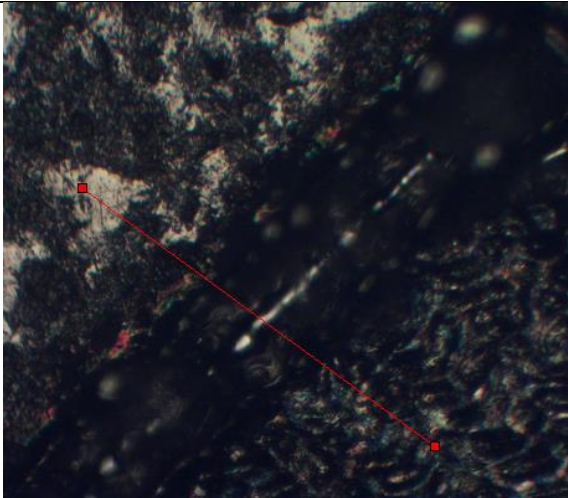
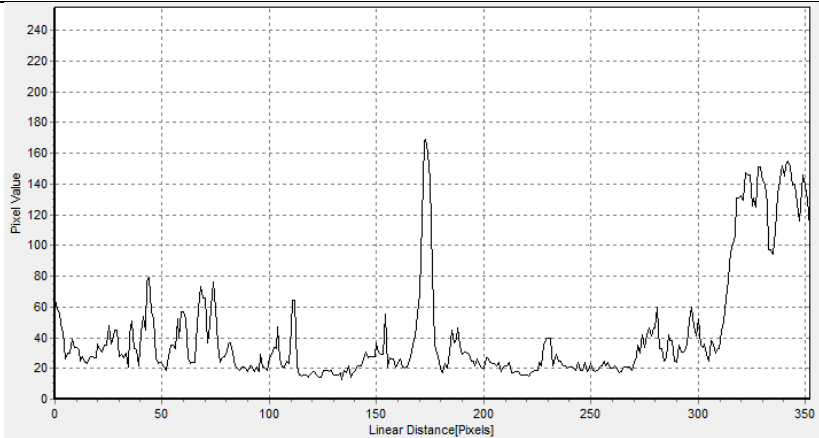
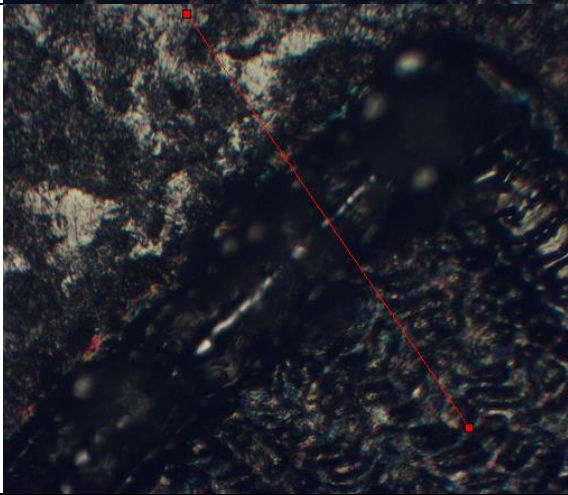
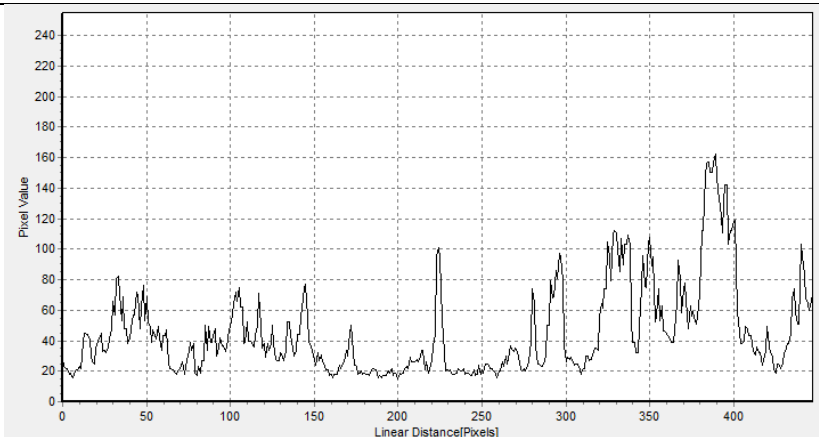
Таблица 10. Экспериментальные данные контраста

Номер режим а	Номер образц а	Тип обработки	Внешний вид образца и точки измерения	Диаграмма	Контрастность
1	1	Без обработки			0,9
					0,8

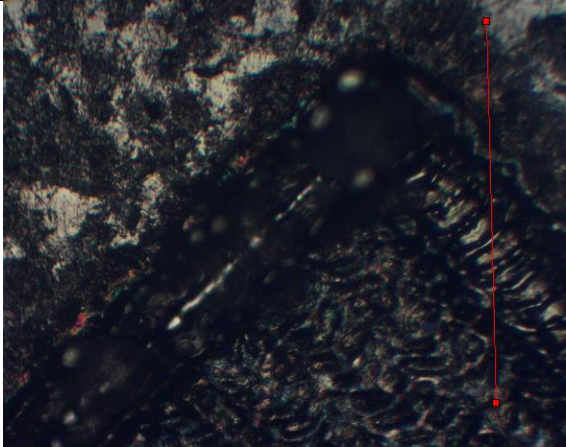
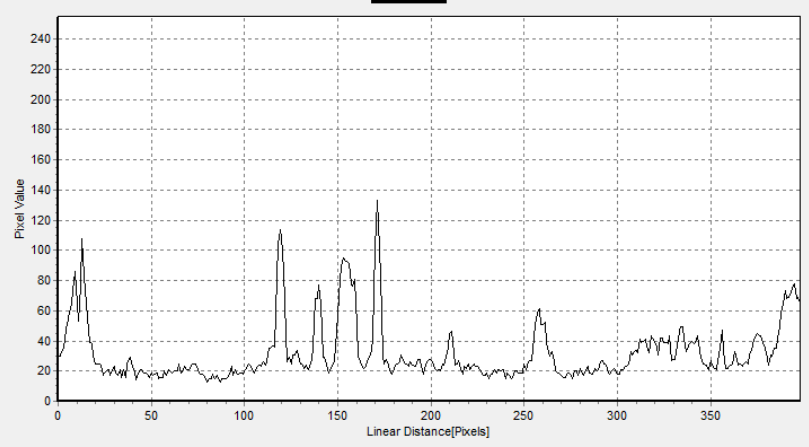
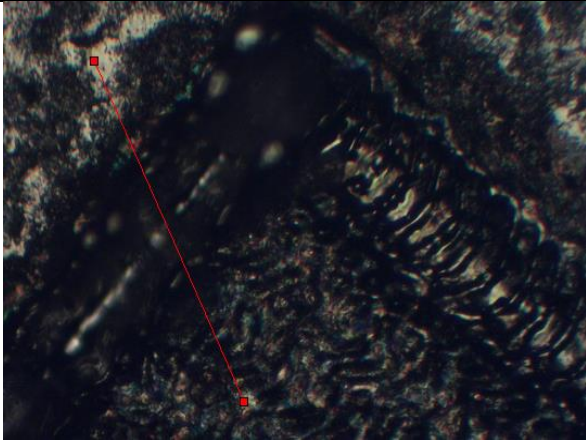
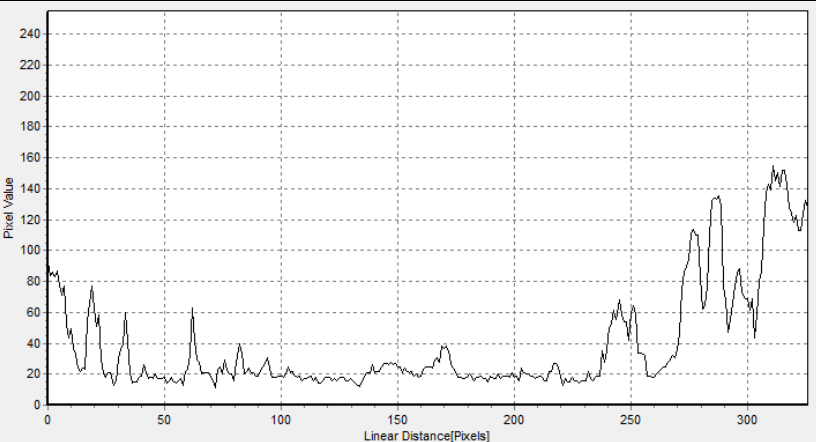
Номер режим а	Номер образц а	Тип обработки	Внешний вид образца и точки измерения	Диаграмма	Контрастность
					0,9
		С обработко й			0,9

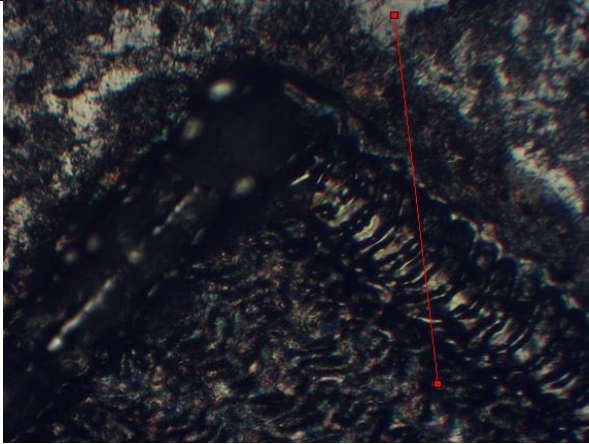
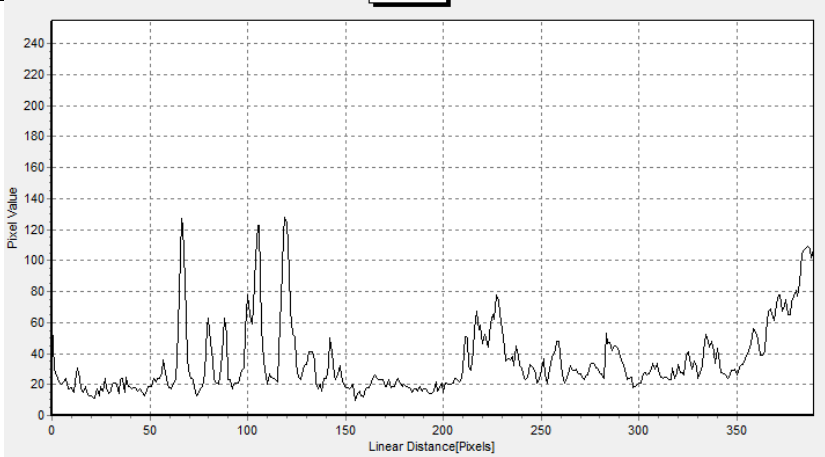

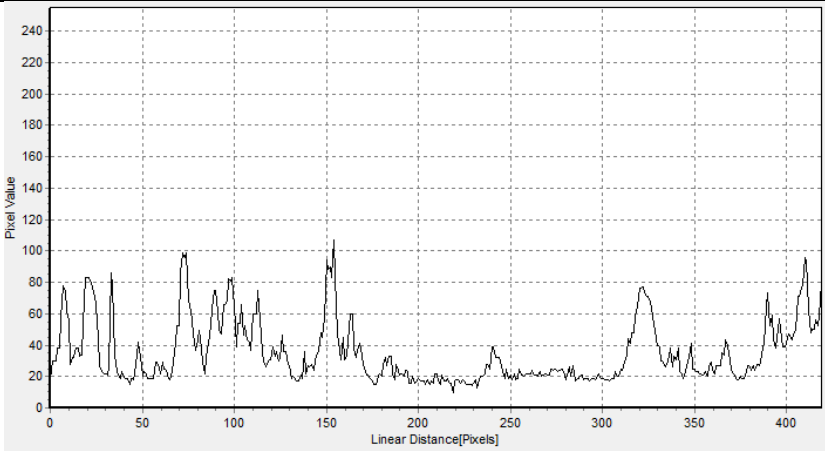
Номер режим а	Номер образц а	Тип обработки	Внешний вид образца и точки измерения	Диаграмма	Контрастность
					0,8
					0,8

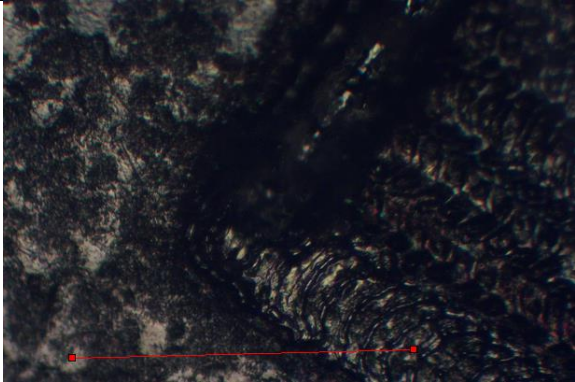
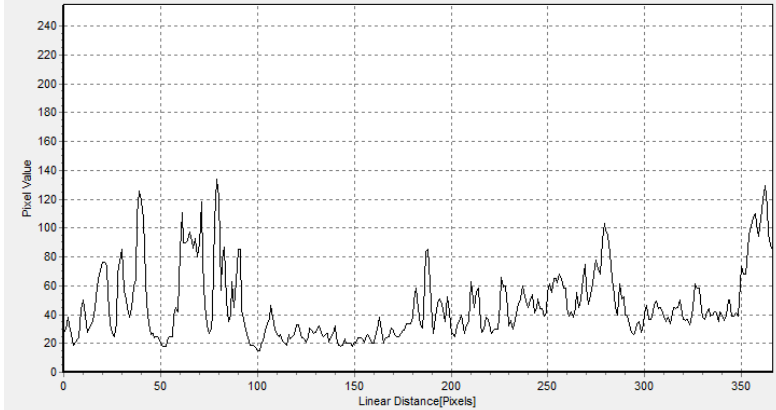

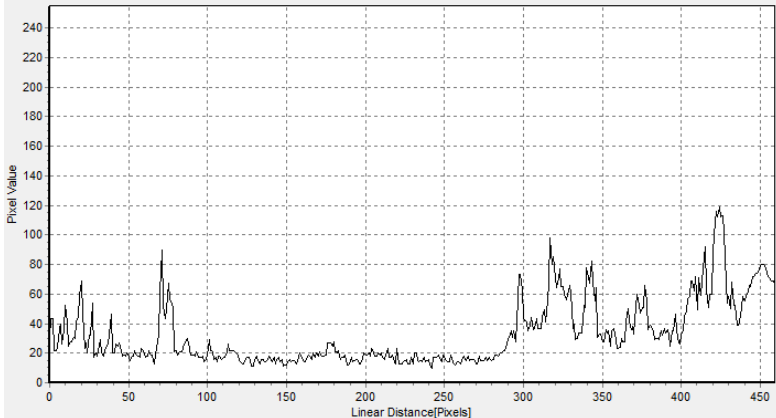


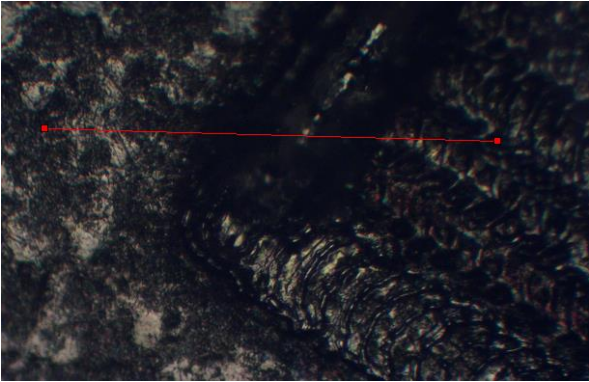
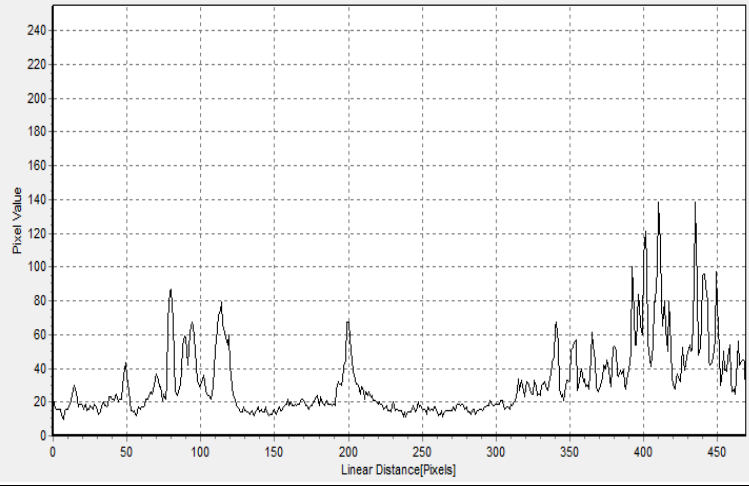

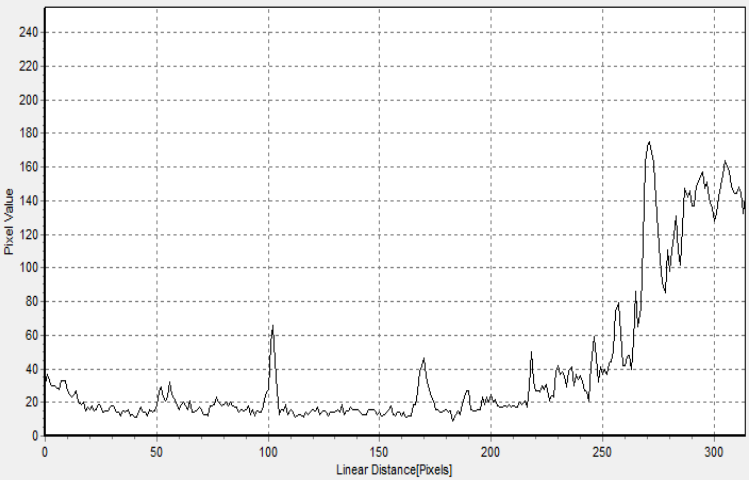
Номер режим а	Номер образц а	Тип обработки	Внешний вид образца и точки измерения	Диаграмма	Контрастность
		Без обработки			0,9
					0,8




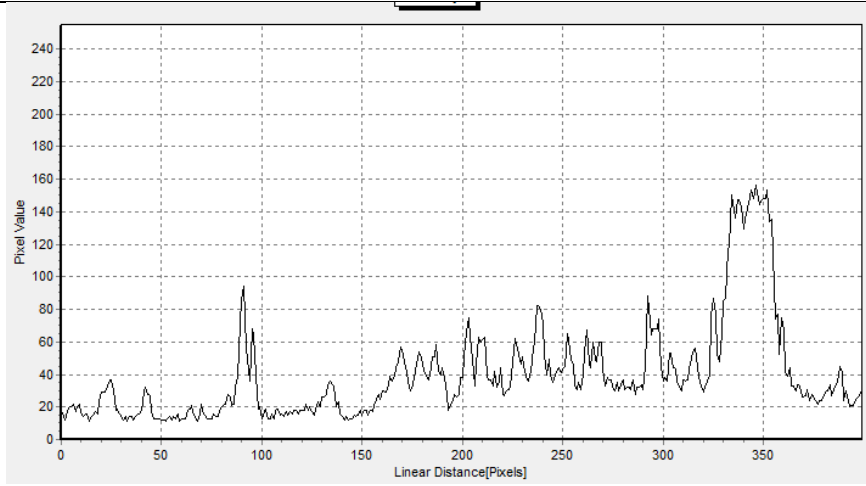


Номер режим а	Номер образц а	Тип обработки	Внешний вид образца и точки измерения	Диаграмма	Контрастность
					0,8
		С обработко й			0,9

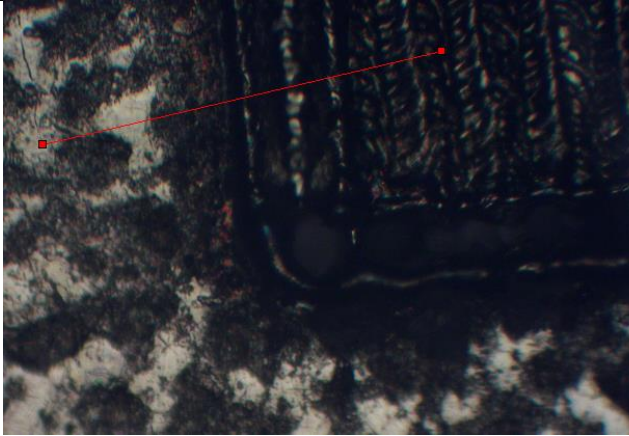
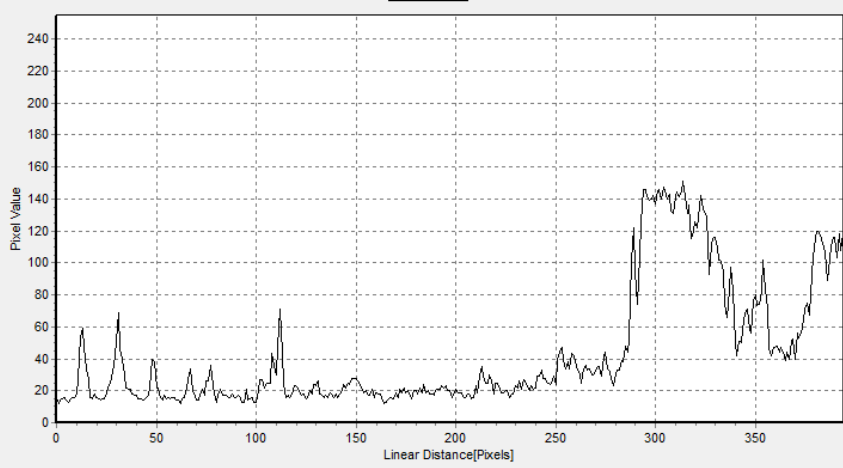
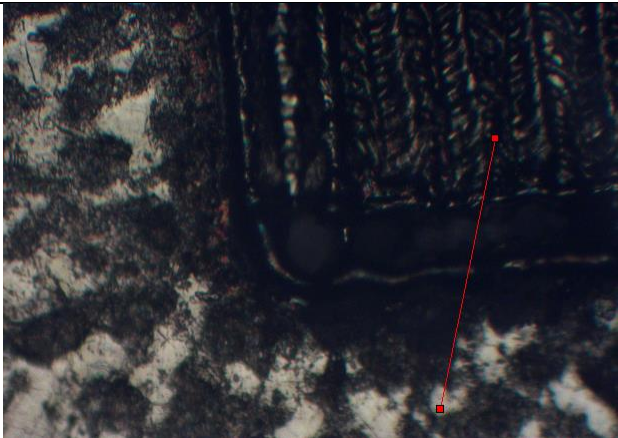
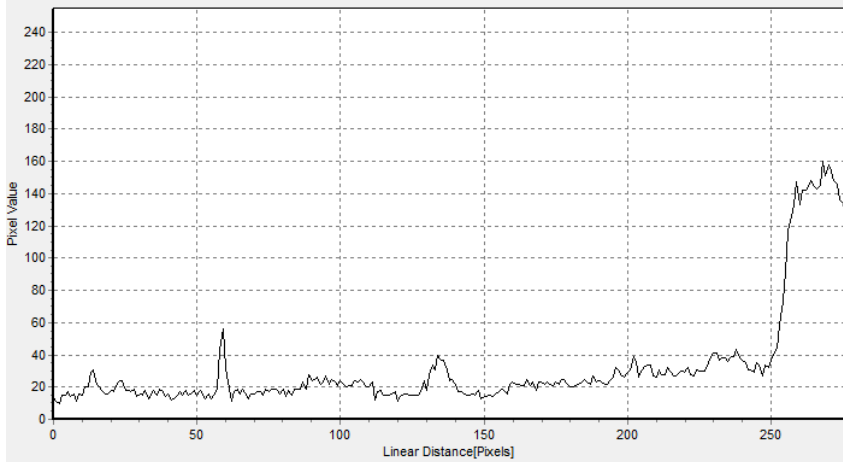
Номер режим а	Номер образц а	Тип обработки	Внешний вид образца и точки измерения	Диаграмма	Контрастность
					0,9
					0,9


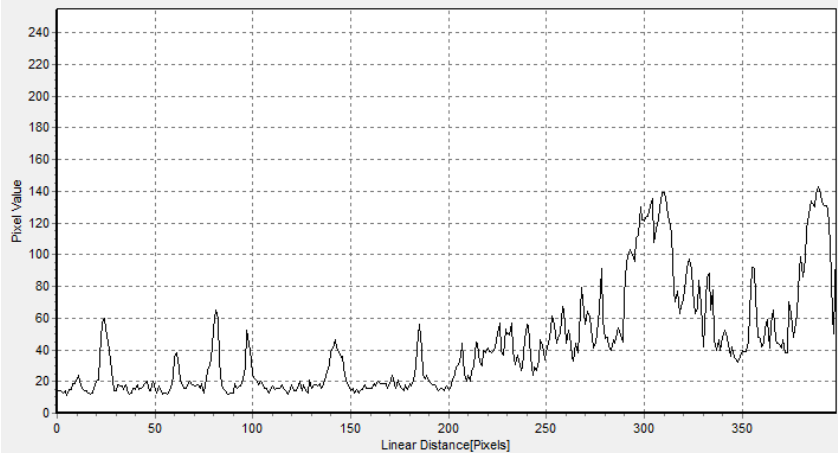
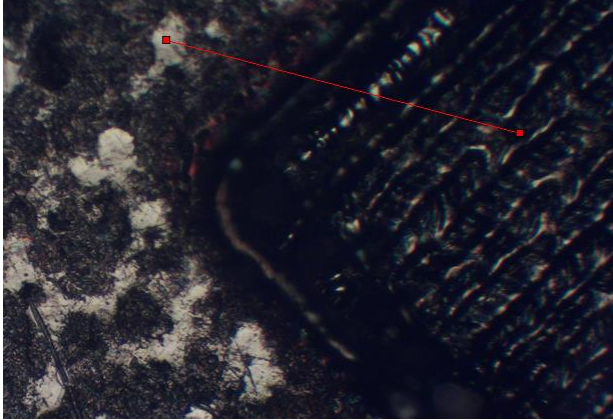
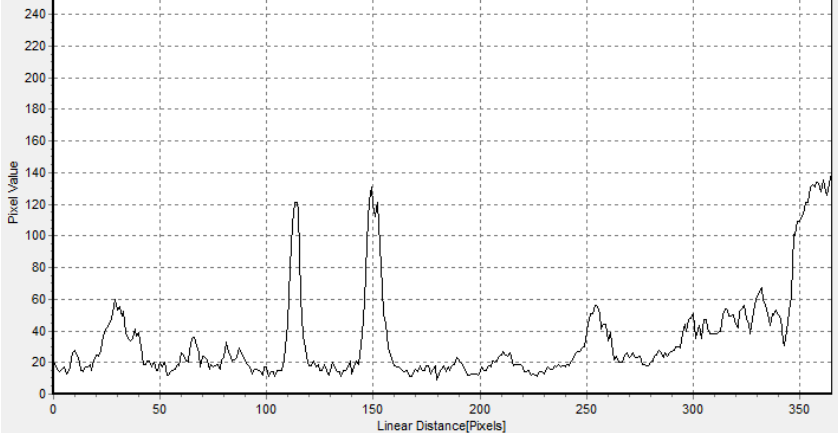
Номер режим а	Номер образц а	Тип обработки	Внешний вид образца и точки измерения	Диаграмма	Контрастность
	3	Без обработки			0,8
					0,9

Номер режим а	Номер образц а	Тип обработки	Внешний вид образца и точки измерения	Диаграмма	Контрастность
					0,9
		С обработко й			0,9

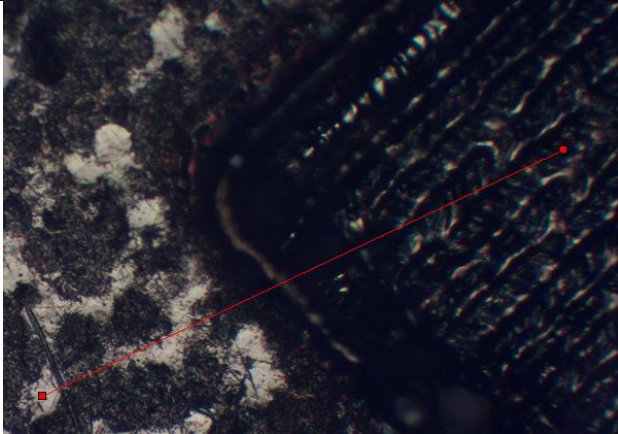
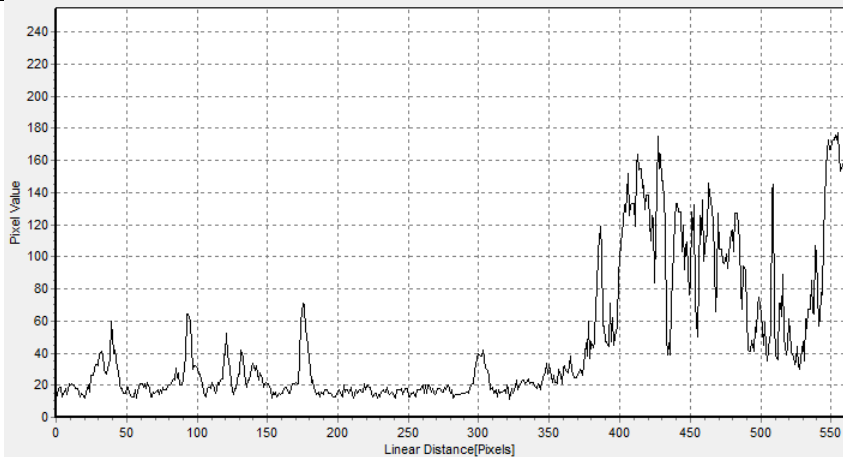
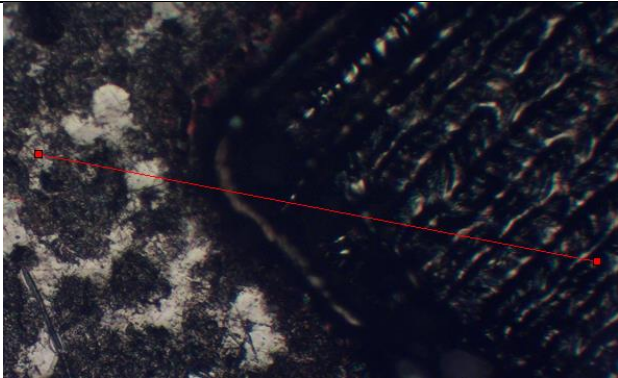
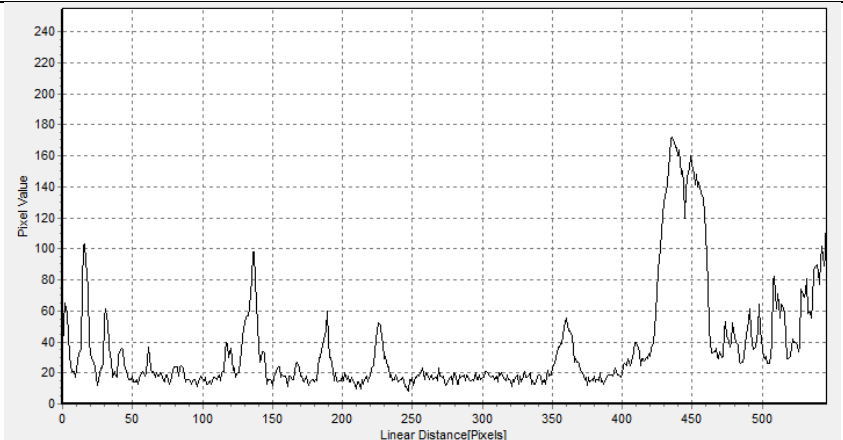


Номер режим а	Номер образц а	Тип обработки	Внешний вид образца и точки измерения	Диаграмма	Контрастность
					0,9
					0,9

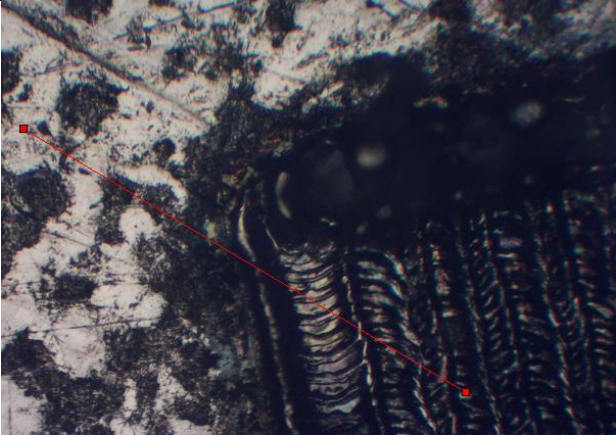
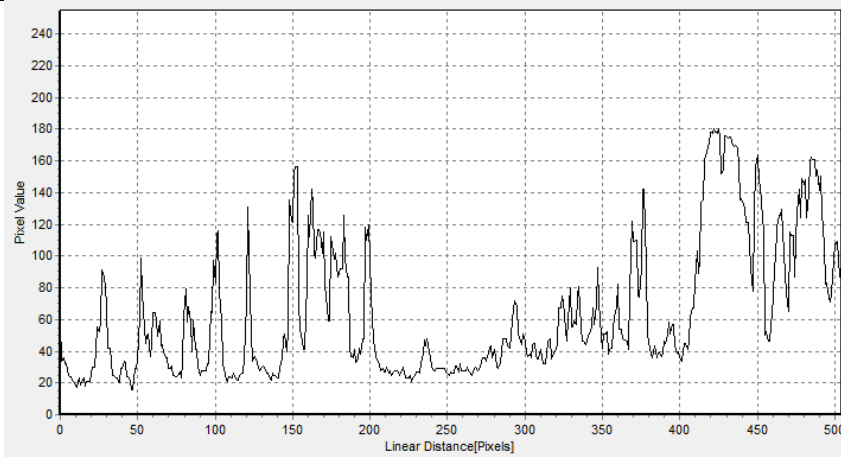
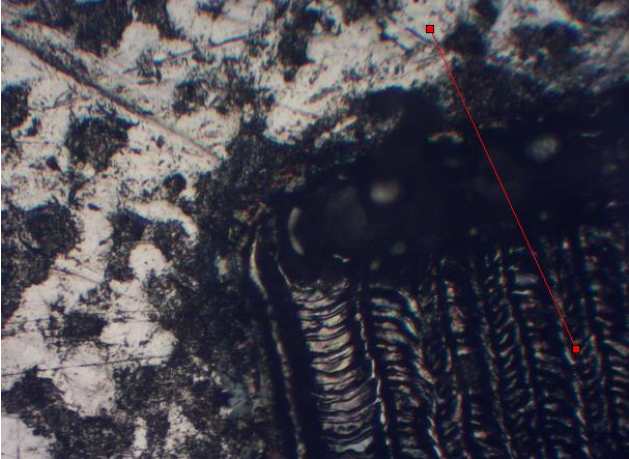
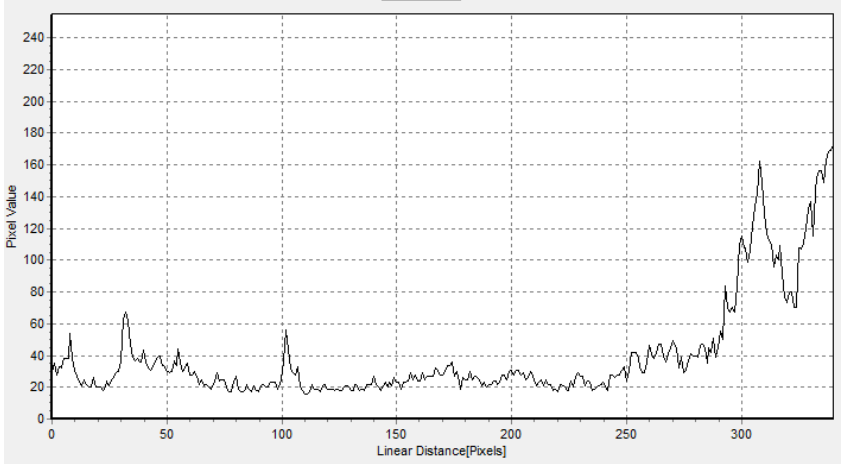
Номер режим а	Номер образц а	Тип обработки	Внешний вид образца и точки измерения	Диаграмма	Контрастность
2	1	Без обработки			0,9
					0,9

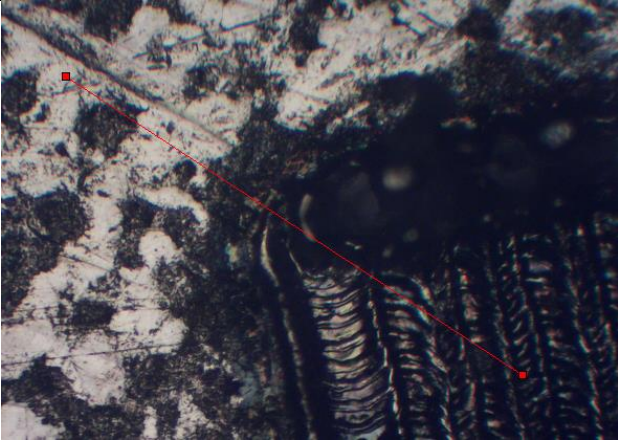
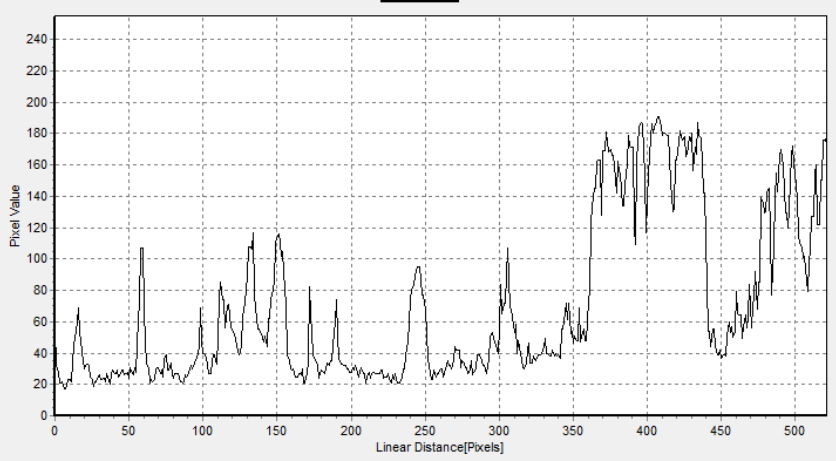
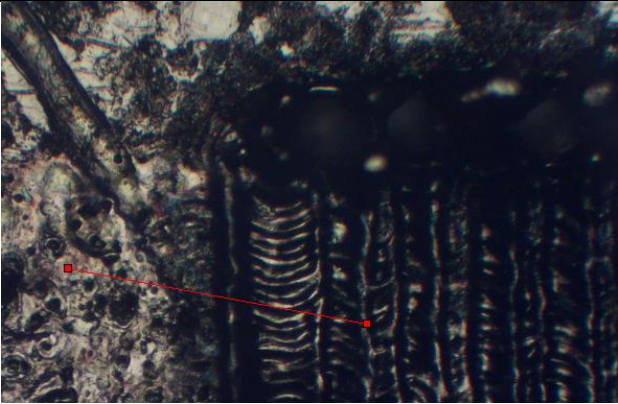
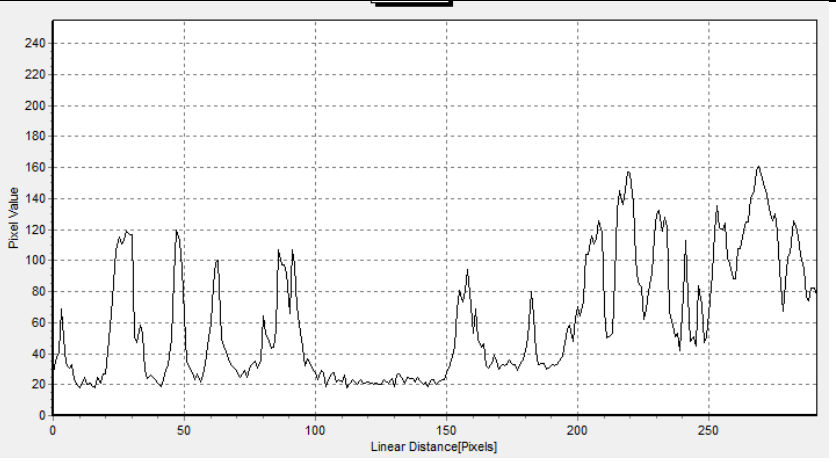
Номер режим а	Номер образц а	Тип обработки	Внешний вид образца и точки измерения	Диаграмма	Контрастность
					0,8
		С обработко й			0,8

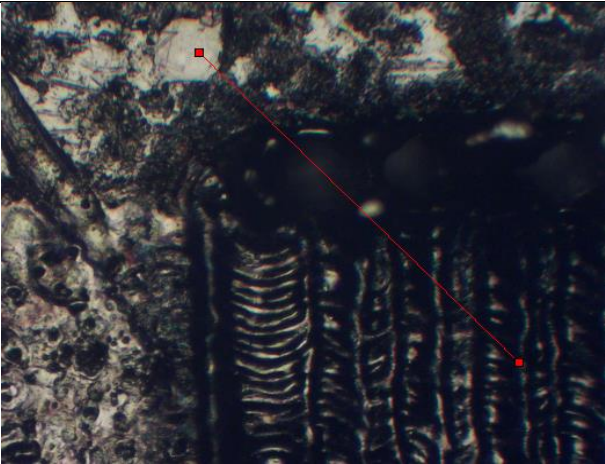
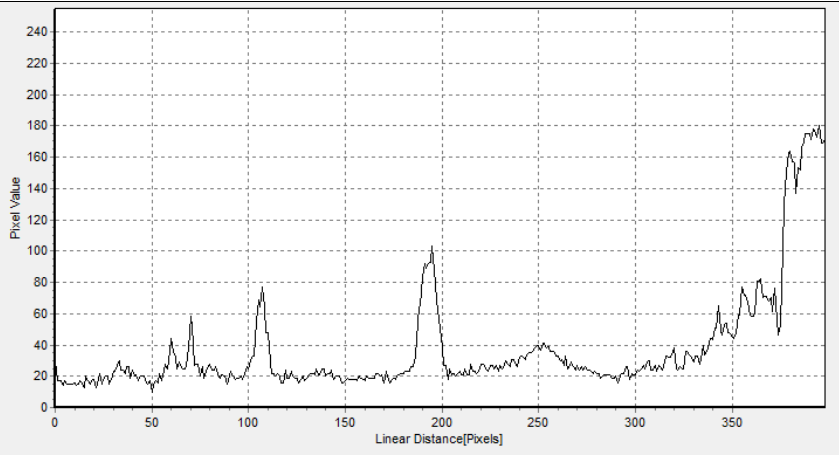
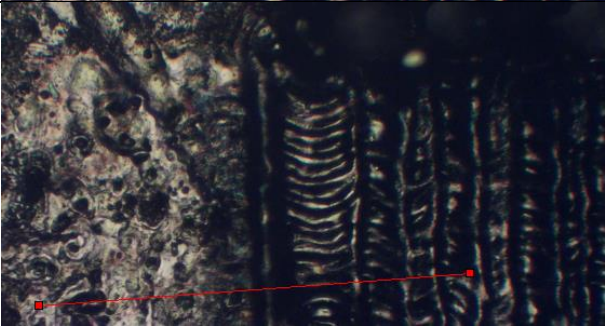
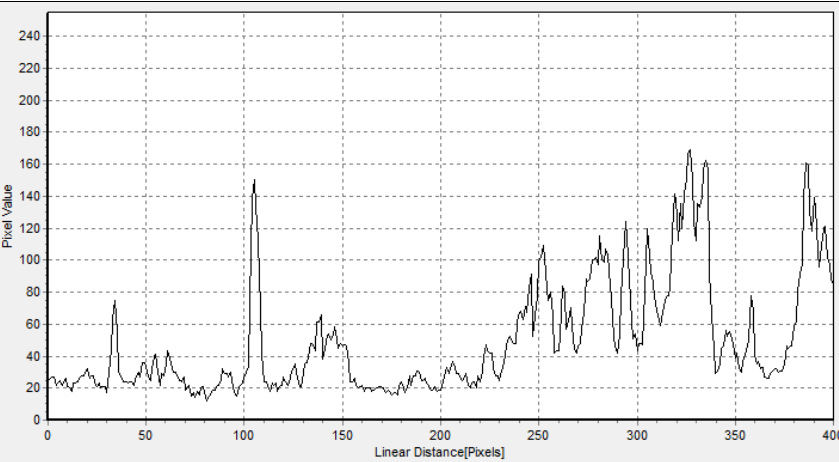



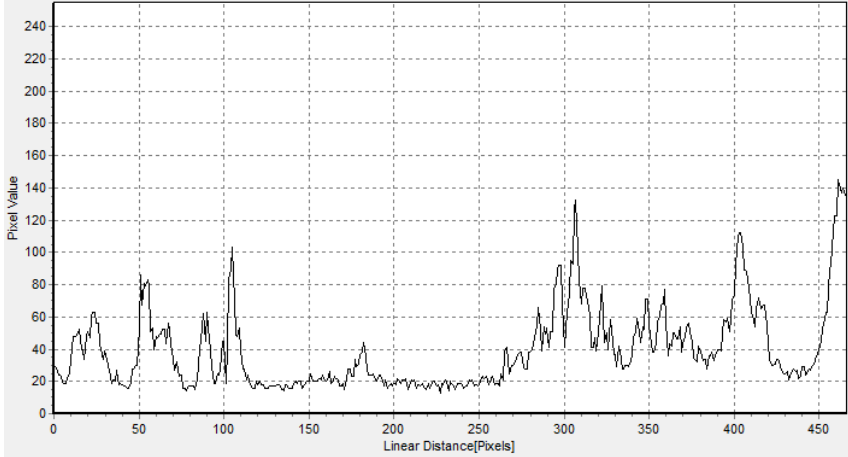

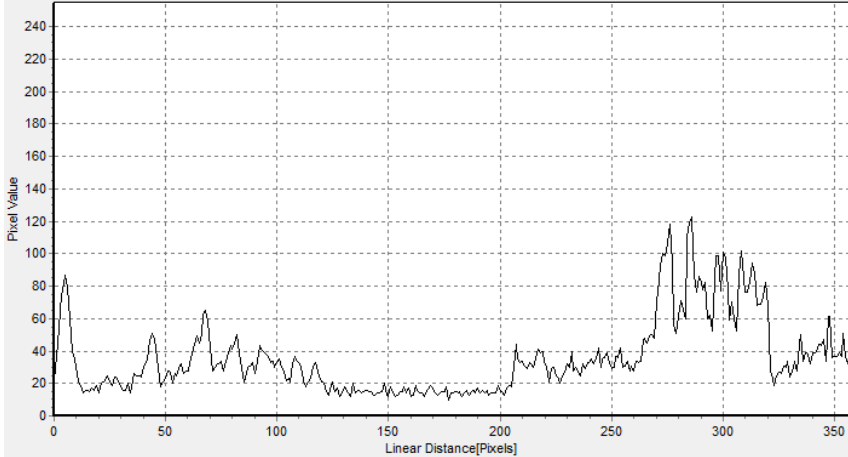
Номер режим а	Номер образц а	Тип обработки	Внешний вид образца и точки измерения	Диаграмма	Контрастность
					0,9
					0,9




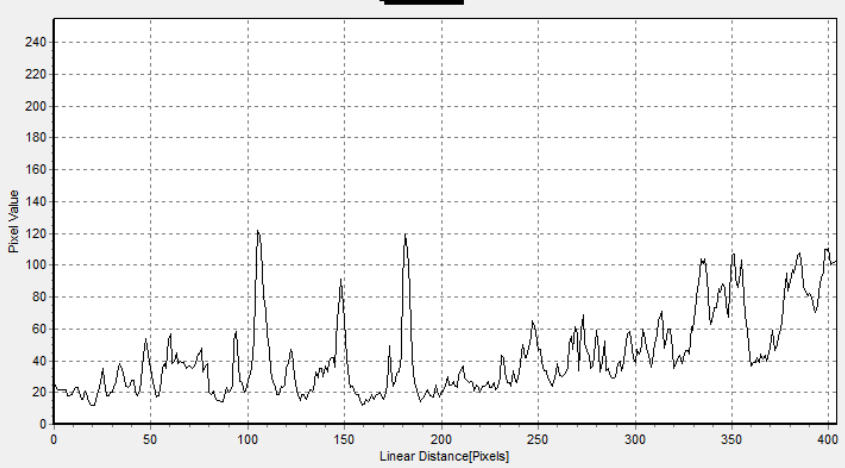
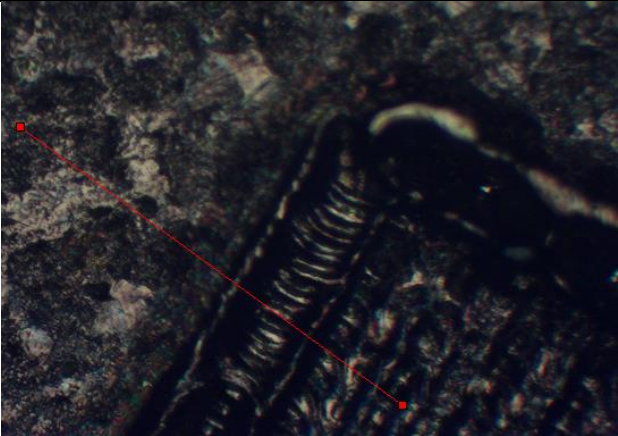
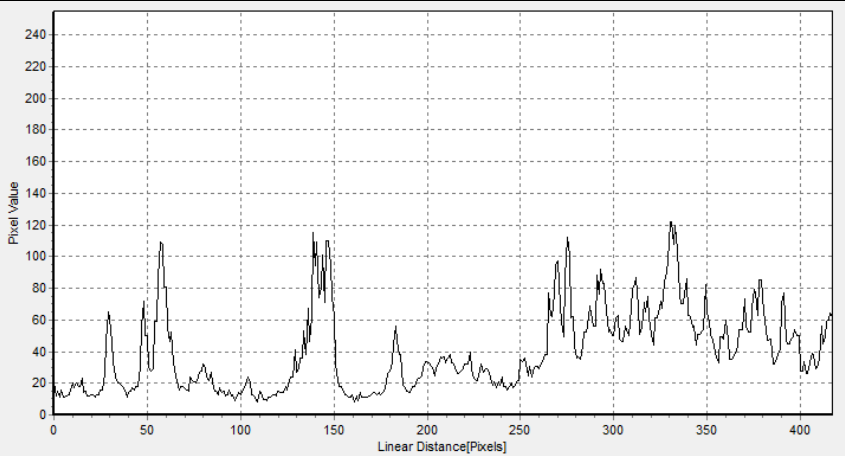
Номер режим а	Номер образц а	Тип обработки	Внешний вид образца и точки измерения	Диаграмма	Контрастность
	2	Без обработки			0,9
					0,8

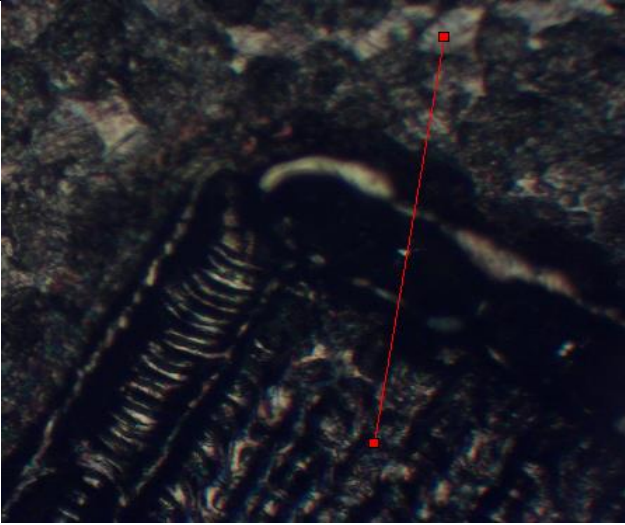
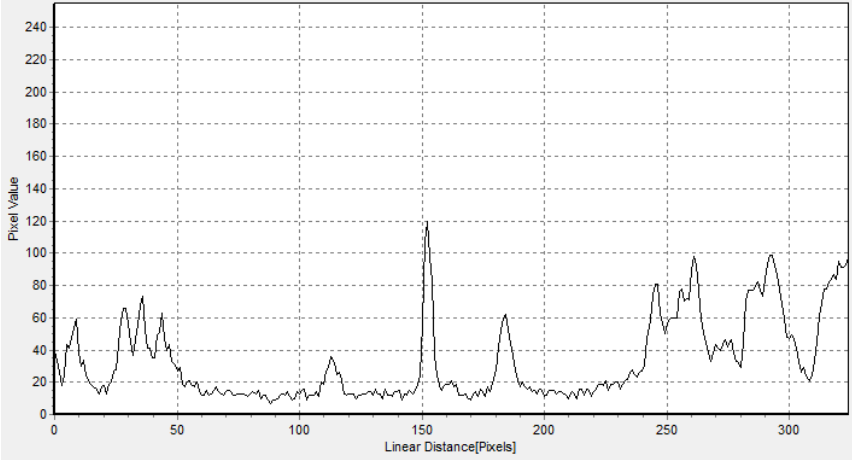
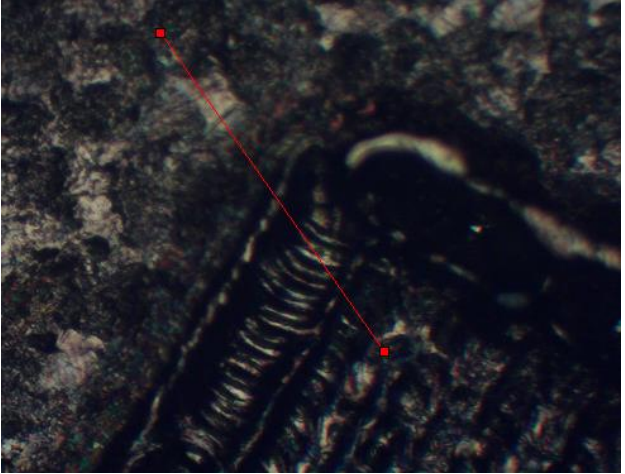
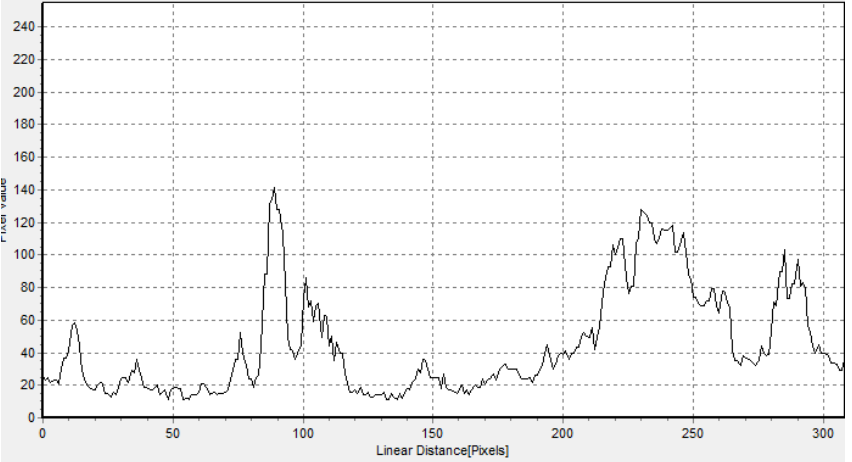
Номер режим а	Номер образц а	Тип обработки	Внешний вид образца и точки измерения	Диаграмма	Контрастность
					0,8
		С обработко й			0,8

Номер режим а	Номер образц а	Тип обработки	Внешний вид образца и точки измерения	Диаграмма	Контрастность
					0,9
					0,9

Номер режим а	Номер образц а	Тип обработки	Внешний вид образца и точки измерения	Диаграмма	Контрастность
	3	Без обработки			0,8
					0,9



Номер режим а	Номер образц а	Тип обработки	Внешний вид образца и точки измерения	Диаграмма	Контрастность
					0,9
	3	С обработко й			0,9

Номер режим а	Номер образц а	Тип обработки	Внешний вид образца и точки измерения	Диаграмма	Контрастность
					0,9
					0,9

### 3.5 Эталонный образец

Для обработки полученных результатов необходимо знать эталонные значения.

В качестве эталонного образца маркировочной надписи использовали хирургический инструмент для установки эндопротеза коленного сустава, производство Германия, представленный на рисунке 2. На образце также определяли контрастность и шероховатость.



Рисунок 2. Эталонный образец

Контрастность определяли аналогичным для образцов методом. Результаты контрастности приведены на рисунке 3.

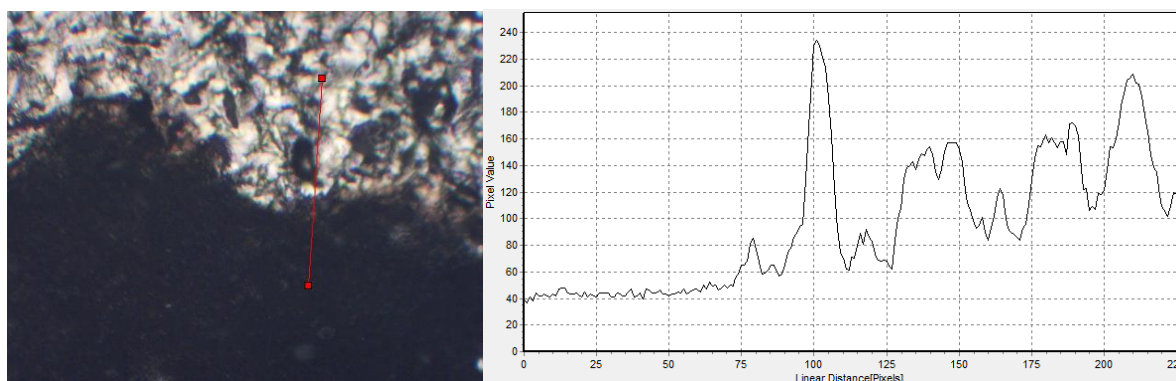


Рисунок 3. Контраст эталонного образца

$$C = \frac{L_{\phi} - L_{\text{экр}}}{L_{\phi}} = \frac{235 - 40}{235} = 0,8$$

Величина контраста составила – 0,8.

Шероховатость, измеренная профилометром Mitutoyo SJ-210, составила  $Ra=0,737$  мкм.

На основании эталонных значений были выбраны оптимальные режимы маркировки, согласно которым были подобраны режимы маркировки с соответствующими показателями.

### 3.6 Маркировка на основе эталонного образца

Следующий этап эксперимента заключается в маркировке готовых инструментов. Были выбраны 3 изделия, изготовленные из разных материалов: нержавеющая сталь марки SS 17-4 (рисунок 3), сталь нержавеющая закалённая SS-455 (рисунок 4), Сталь нержавеющая SUS 440 C (рисунок 5). Все три изделия приведены на рисунках ниже.



Рисунок 3 – Изделие № 1, материал изготовления – нержавеющая сталь марки SS 17-4



Рисунок 4. Изделие № 2, материал изготовления - сталь нержавеющая закалённая SS-455





Рисунок 5. Изделие № 3, материал изготовления - сталь нержавеющая  
SUS 440 C

### 3.7 Шероховатость и контраст на подобранных режимах

После этапа маркировки, проведенных при режимах №1 и №2 указанных в таблице 7, были проведены измерения шероховатости и расчет контраста. Значения шероховатости приведены в таблице № 11, расчет контраста в трех позициях в таблице №12.

Маркировка была проведена при режимах № 1и № 2 указанных в таблице 7.

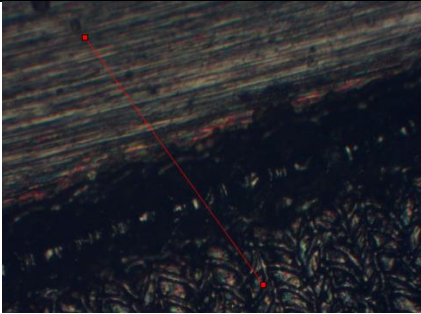
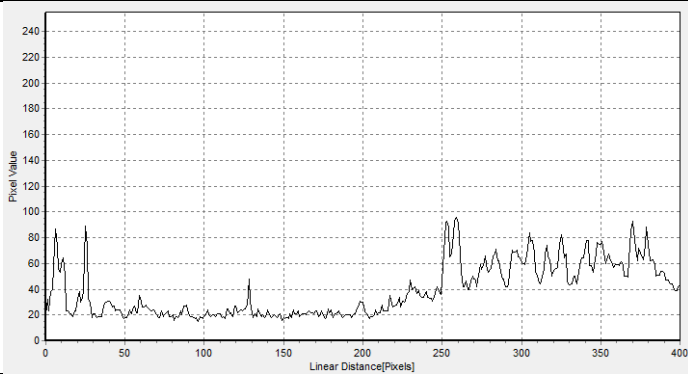
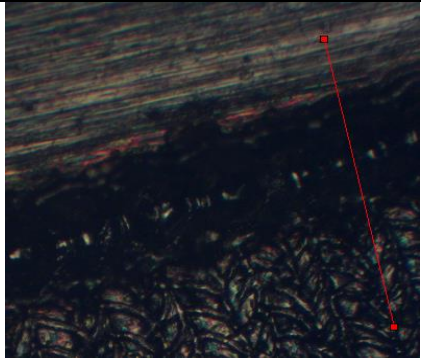
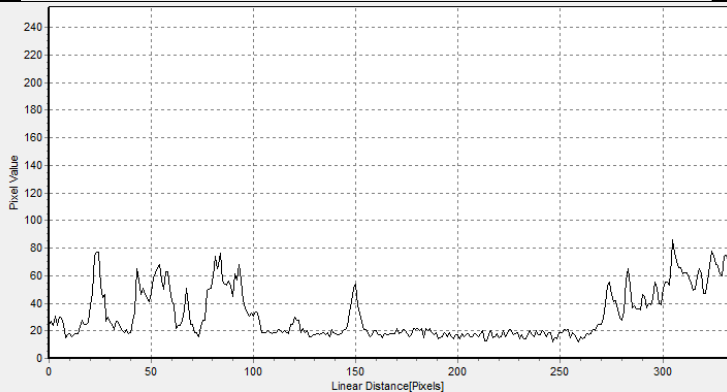
Таблица 11- Шероховатость итоговых образцов

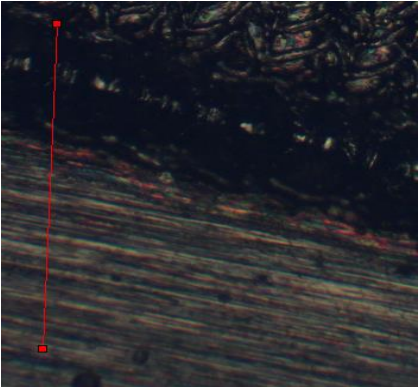
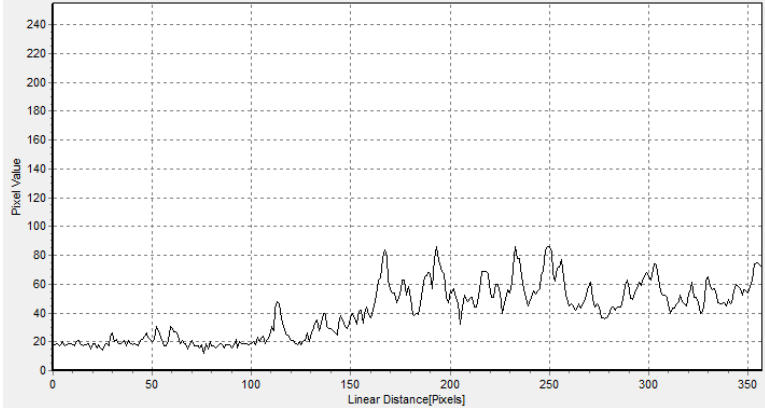
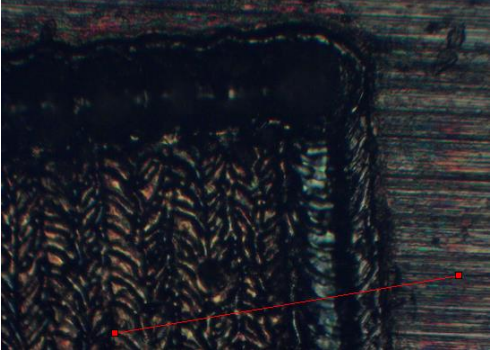
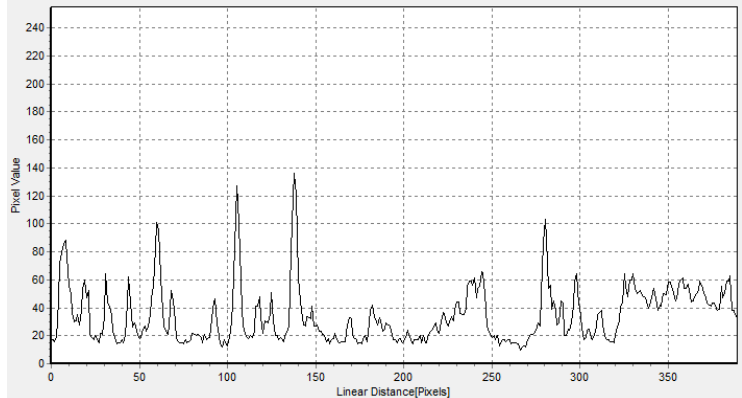
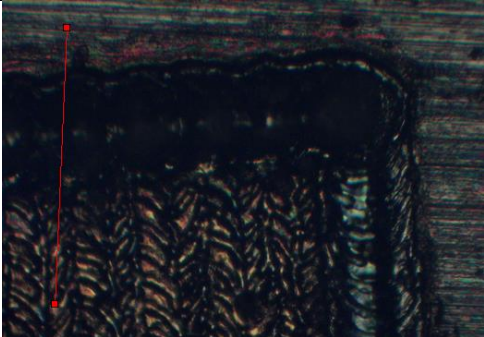
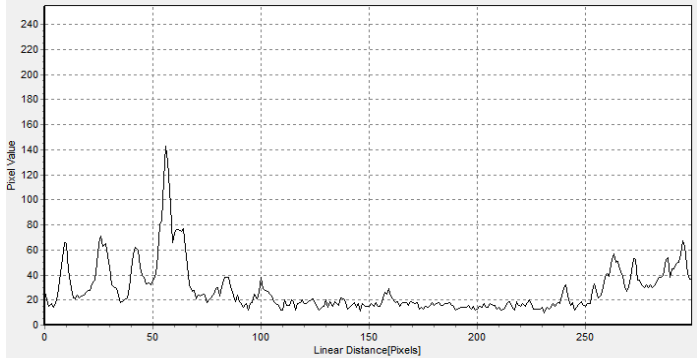
Номер образца	Фото образца	Тип обработки	Шероховатость, Ra
1		Без обработки	1,367
		С обработкой	1,093
		Без обработки	1,132
		С обработкой	0,996
		Без обработки	1,056
		С обработкой	1,112
2		Без обработки	0,734
		С обработкой	0,601
		Без обработки	1,082
		С обработкой	0,751
		Без обработки	1,139
		С обработкой	1,053
3		Без обработки	1,367
		С обработкой	1,093
		Без обработки	1,132
		С обработкой	0,996
		Без обработки	1,056
		С обработкой	1,112

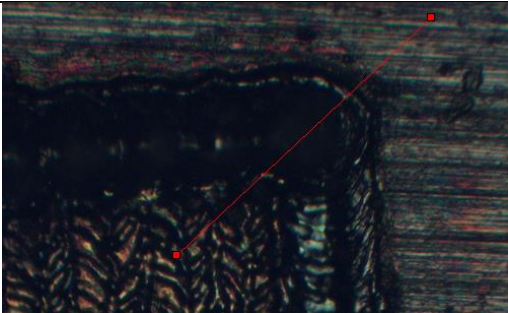
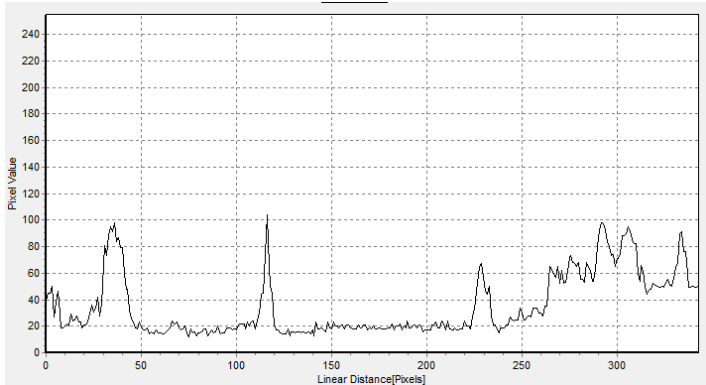
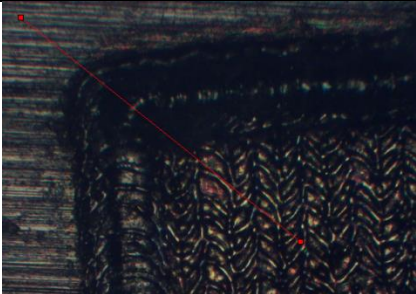
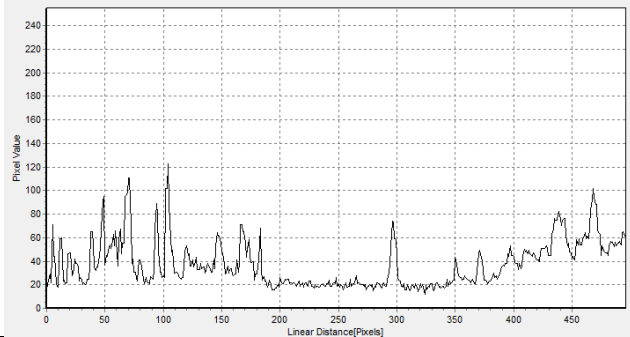
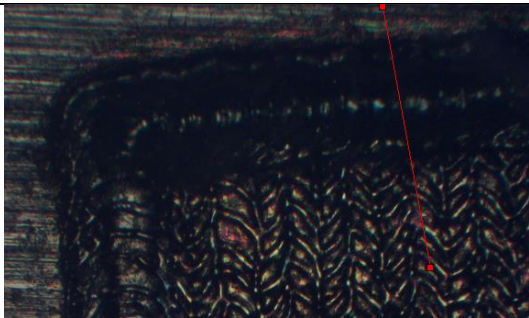
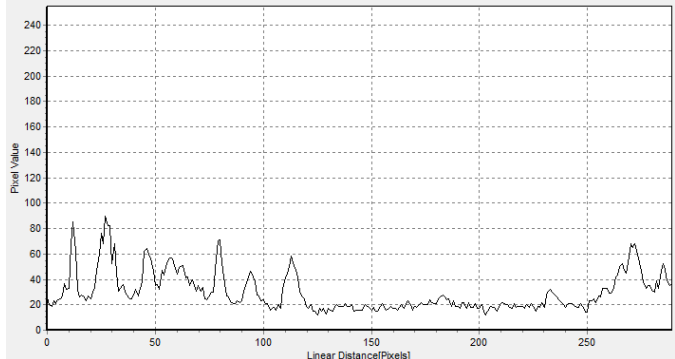
Согласно требованиям, которые предъявляются маркировки изделия, а именно максимальный контраст и минимальный рельеф, можно сделать вывод, что маркировка, которая подверглась обработке на маркере при

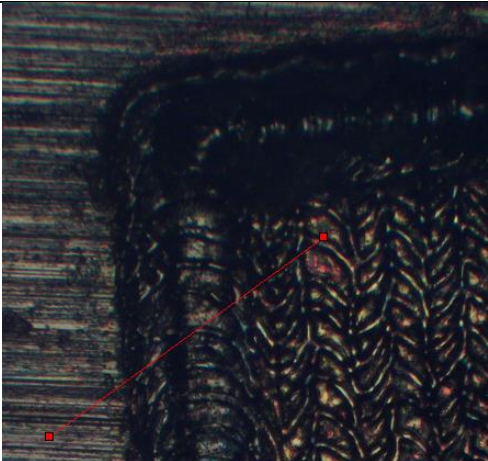
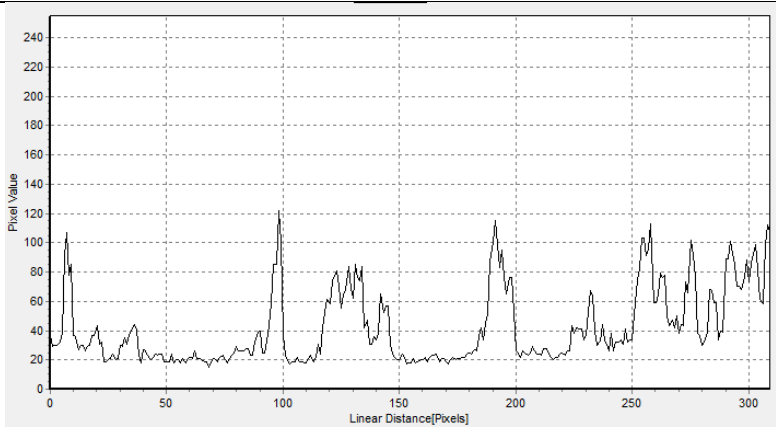
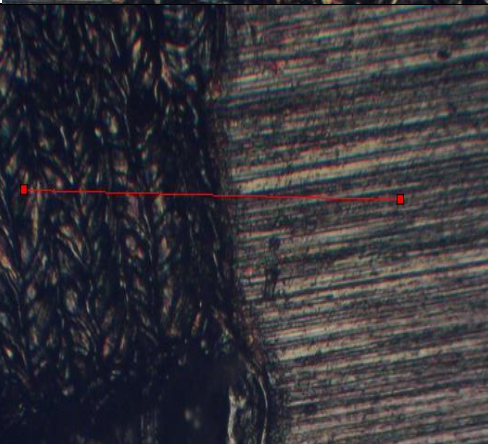
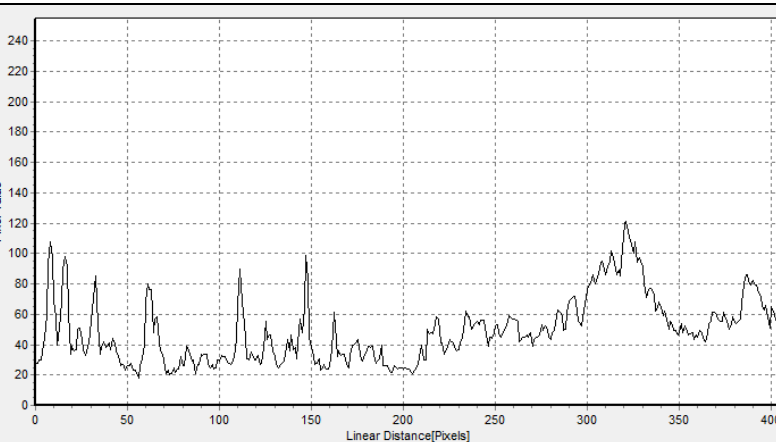
минимальной мощности и скорости соответствует эталонным показателям. Шероховатость эталонного образца составляет 0,737 мкм, а шероховатость образца № 2 составляет 0,734 мкм. Далее производится расчёт контрастности в трех позициях маркировки. Результаты приведены в таблице № 12.

Таблица 12. Результаты измерения контраста

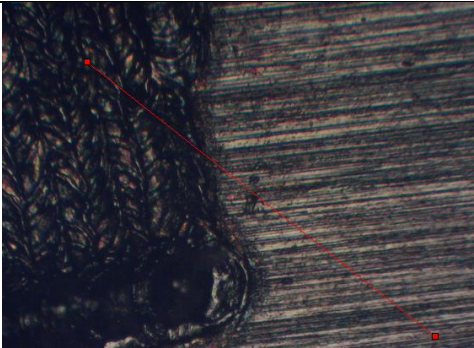

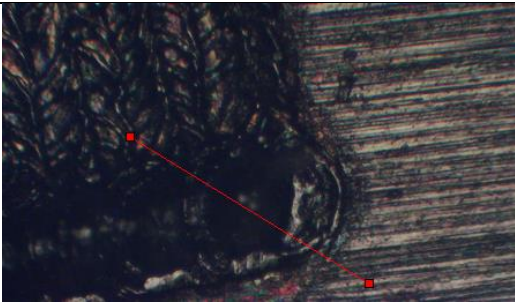
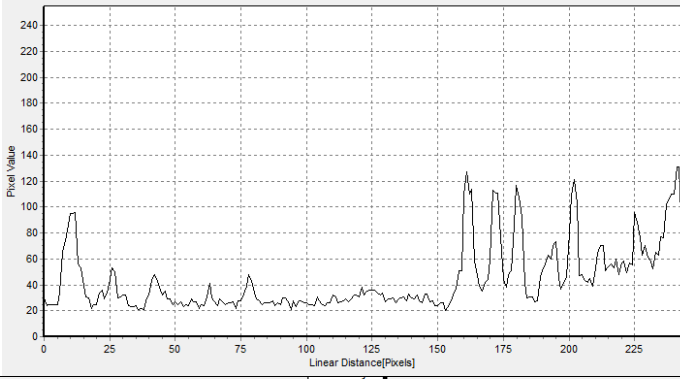
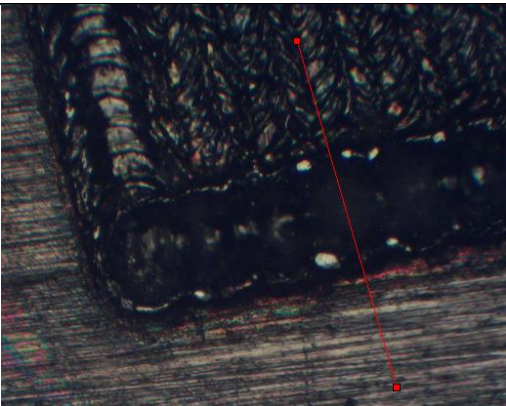
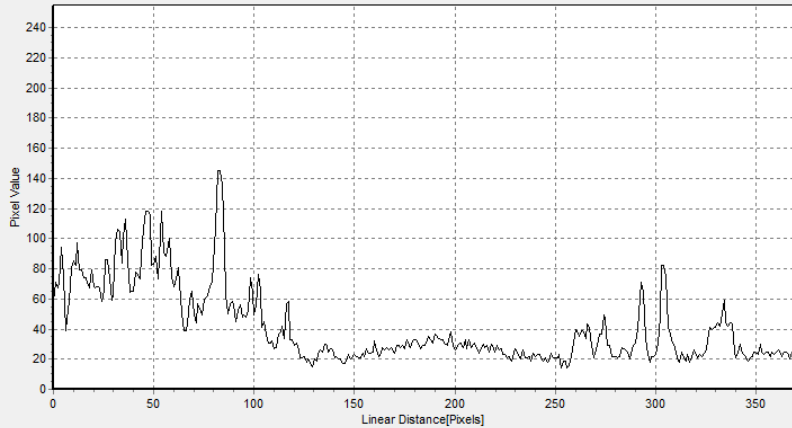
Номер образц а	Тип обработка	Внешний вид образца и точки измерения	Диаграмма	Контрастност ь
1	Без обработки			0,9
				0,8

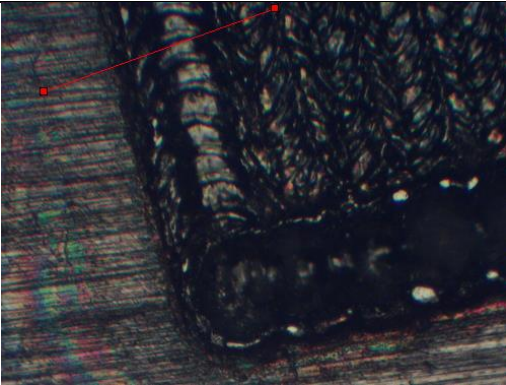
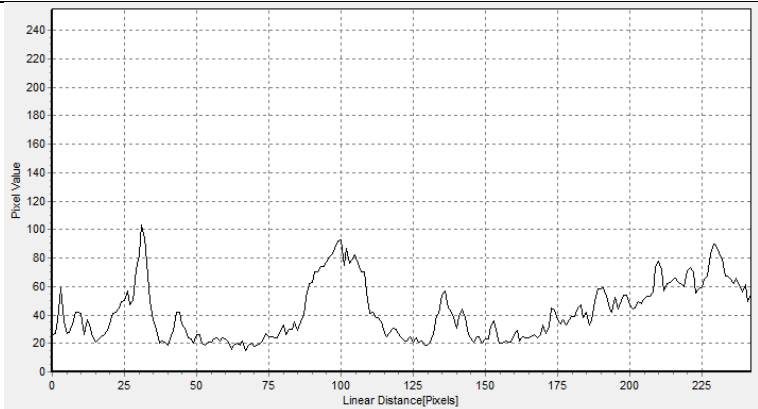
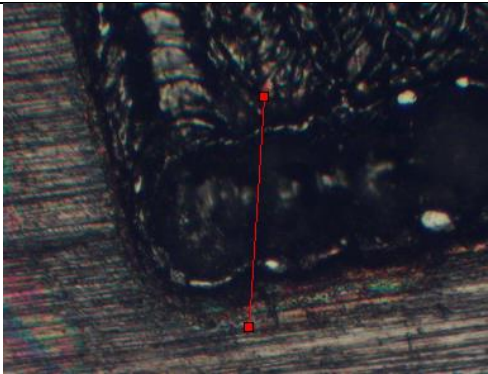
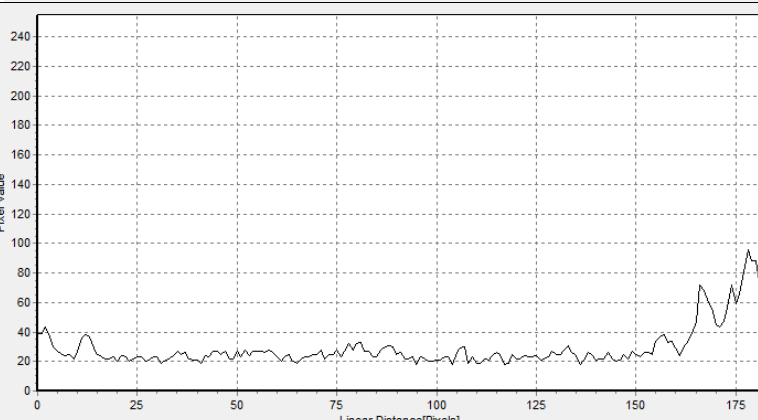
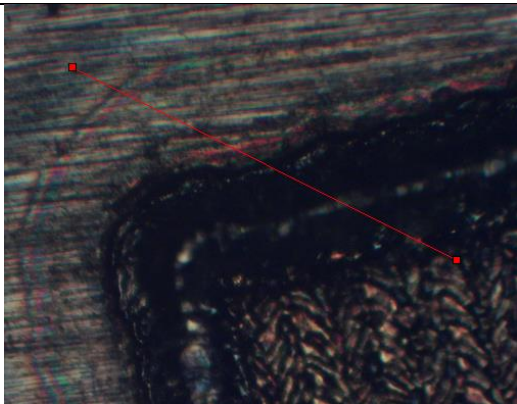
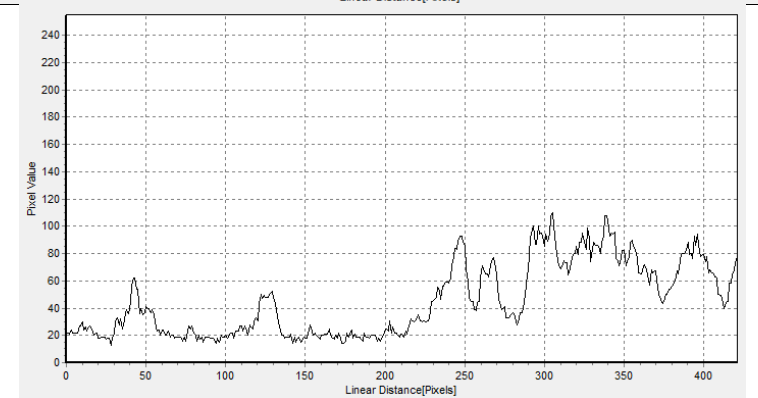
				0,9
С обработко й				0,9
				0,9

				0,9
Без обработки				0,8
				0,8

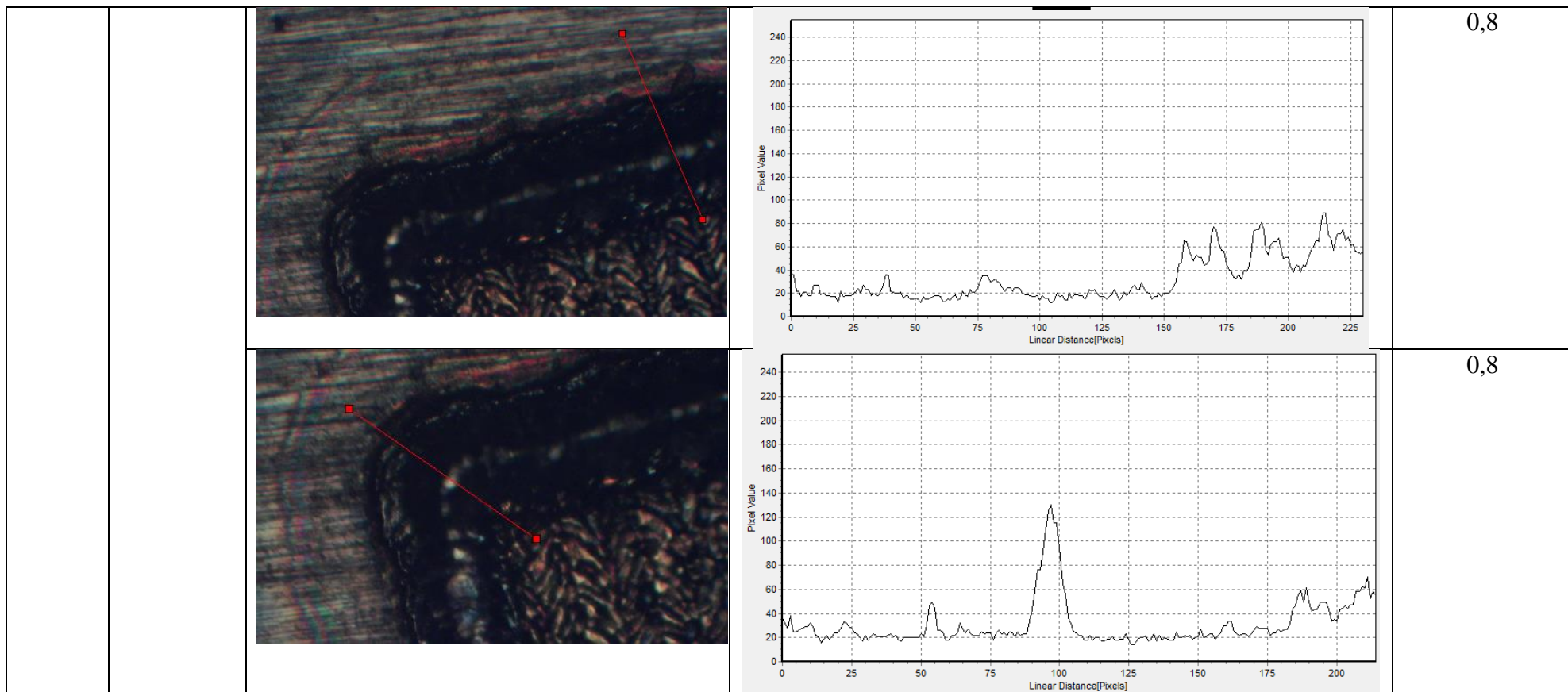
				0,8
	С обработко й			0,8

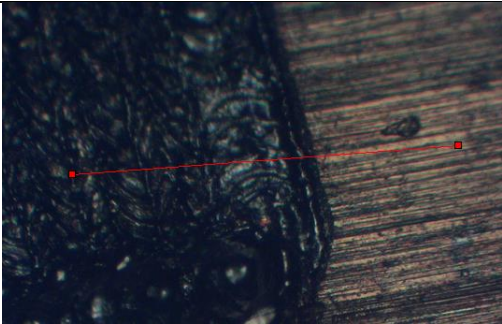
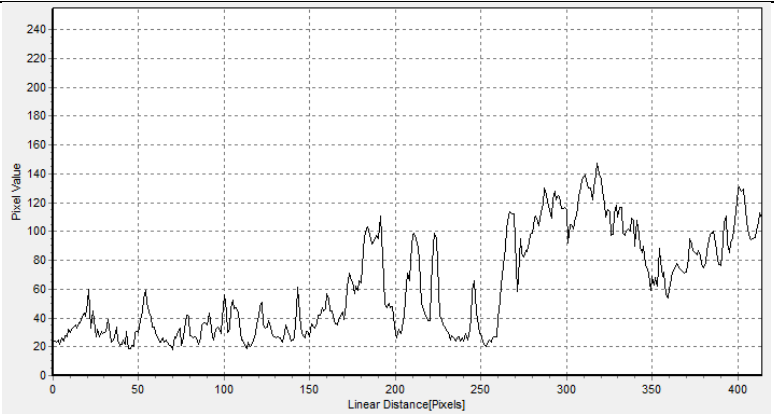
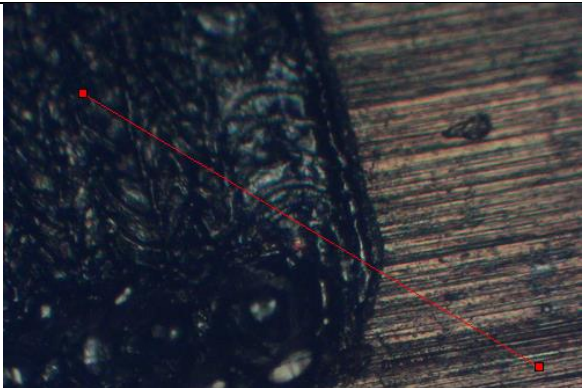
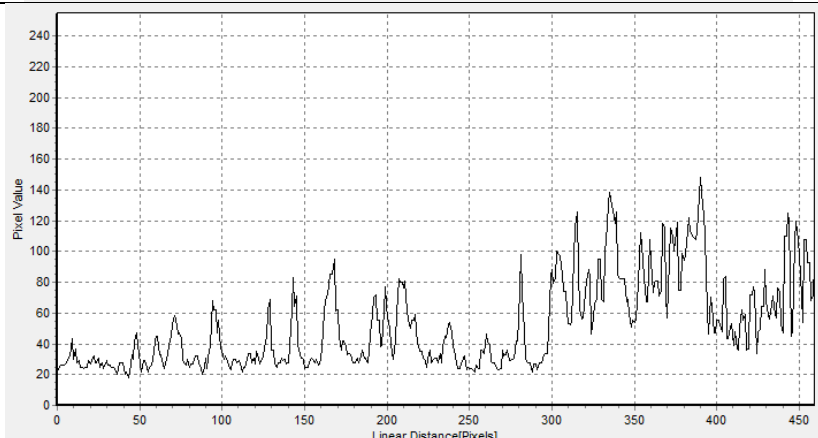


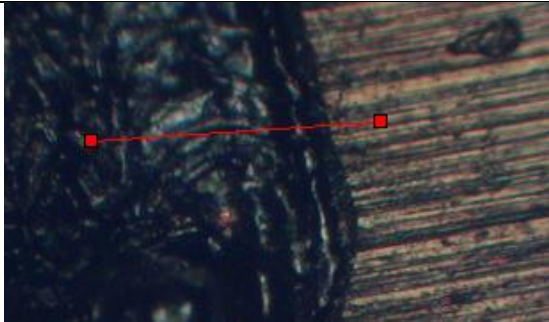
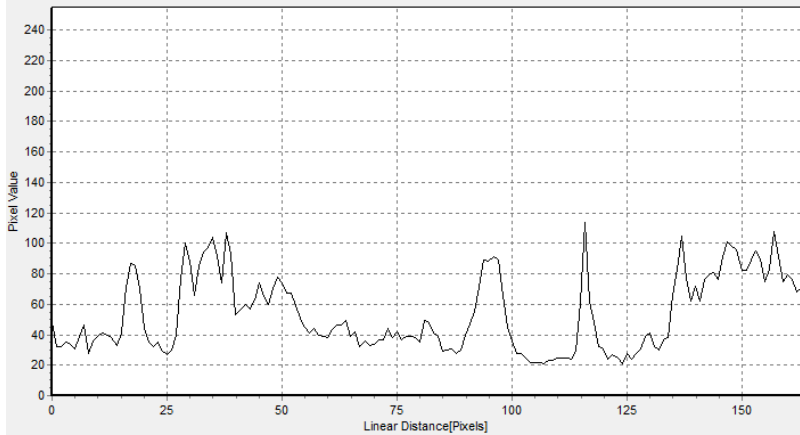
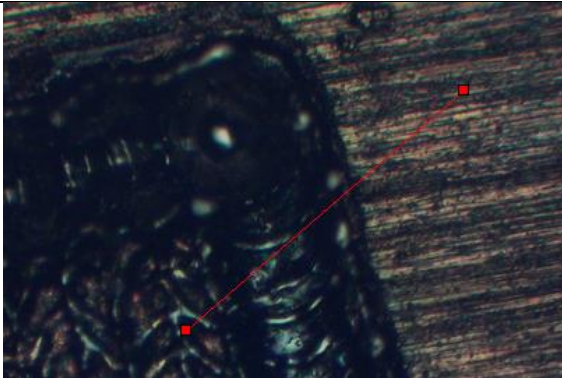
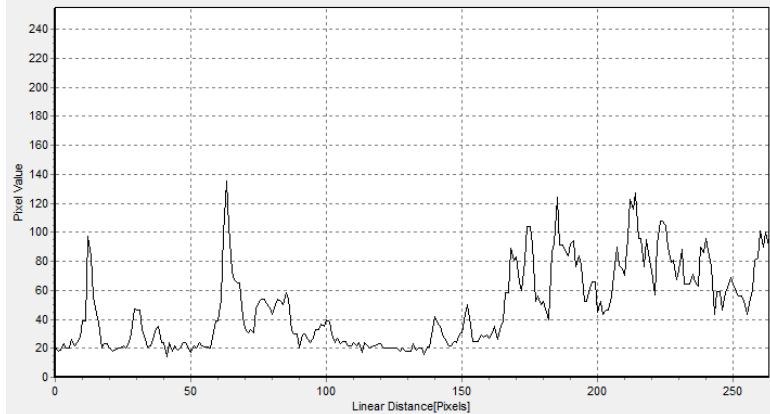
				0,8
				0,7
	Без обработки			0,9

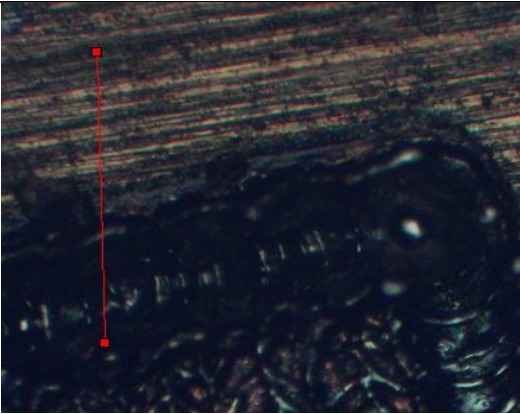
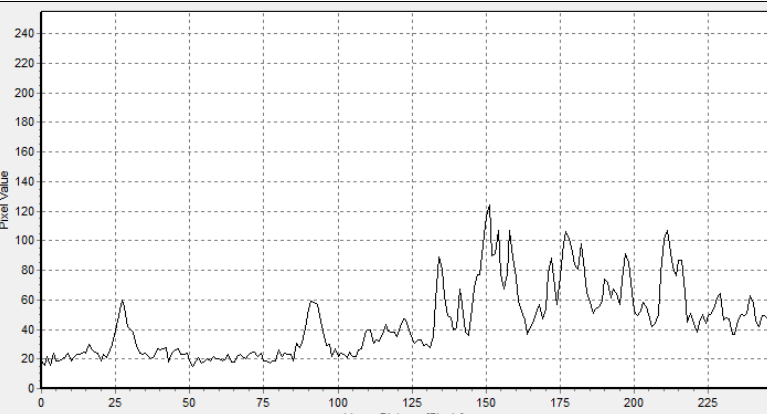
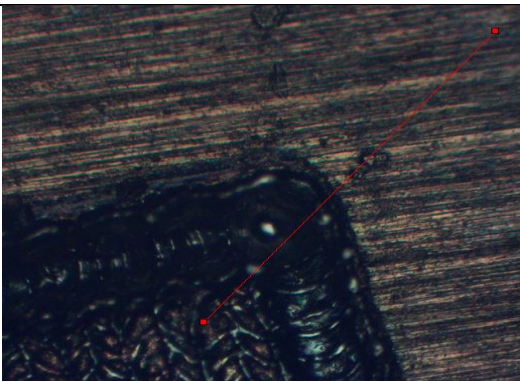
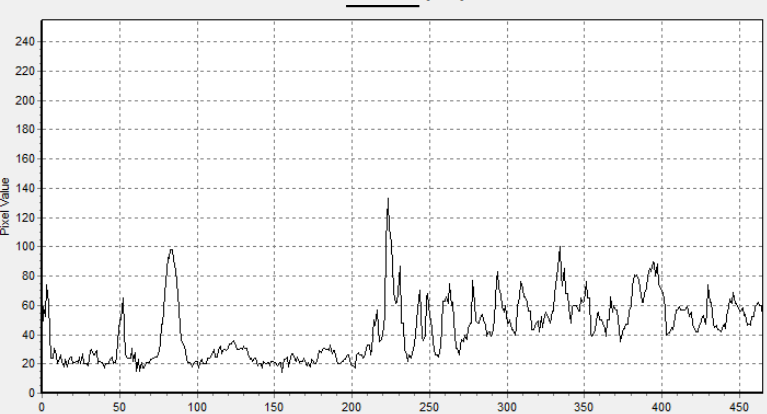
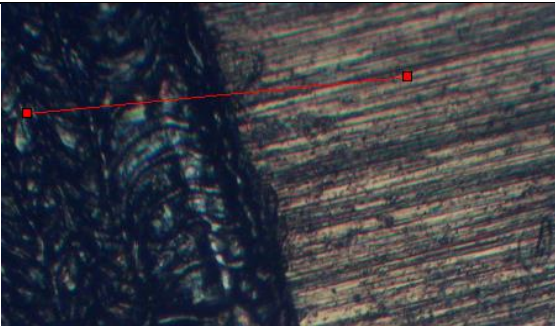
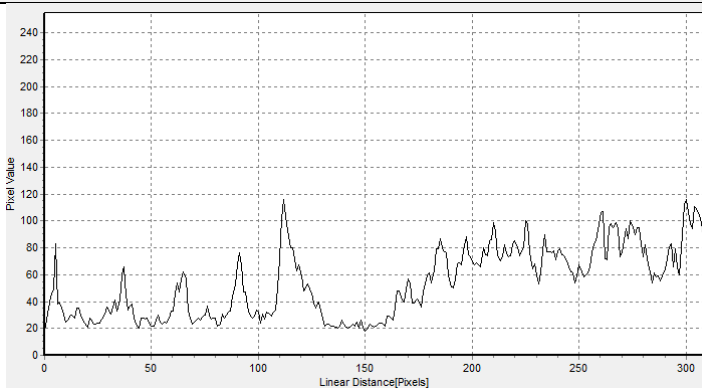
				0,8
				0,8
	С обработко й			0,8



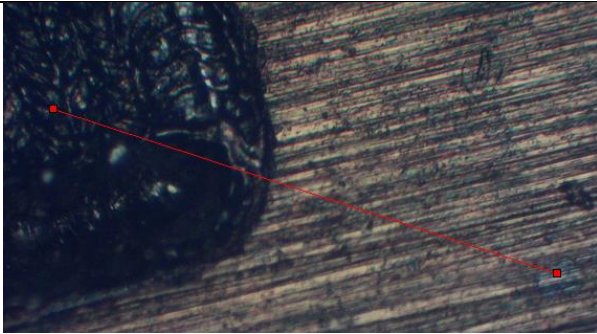

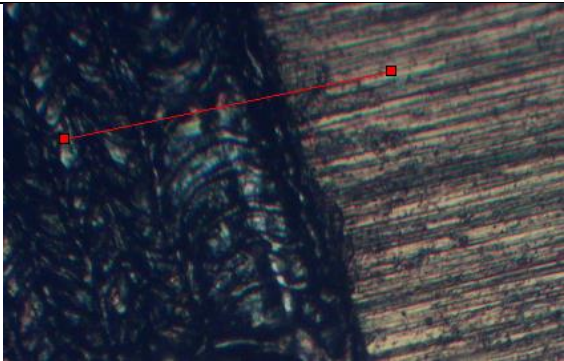
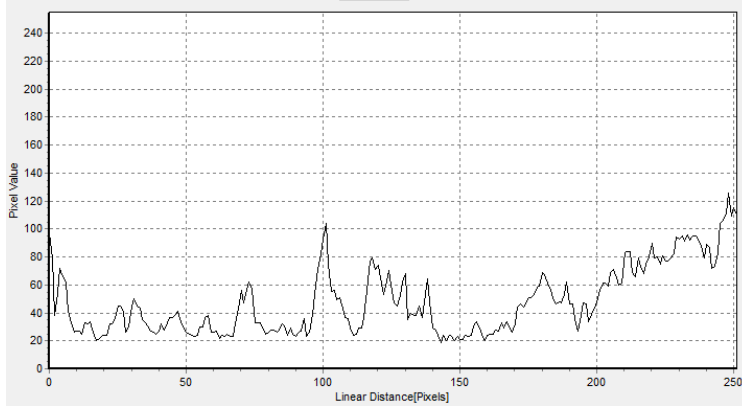
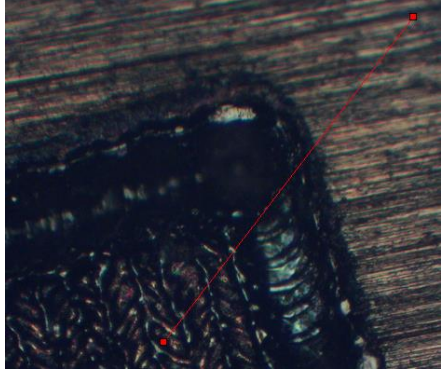
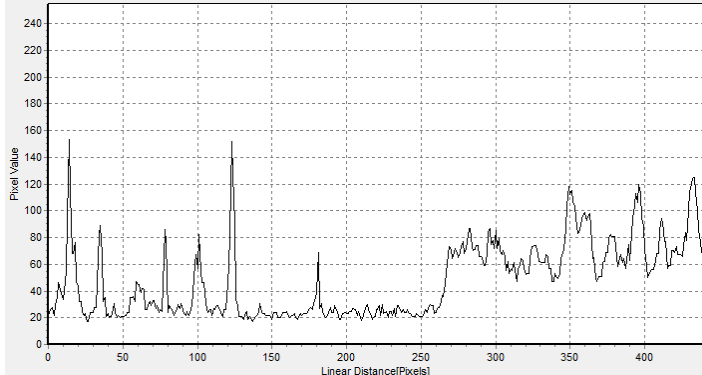


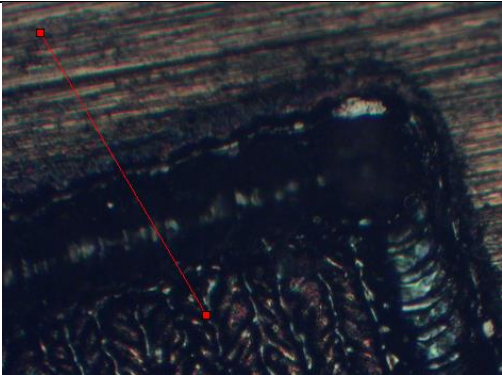
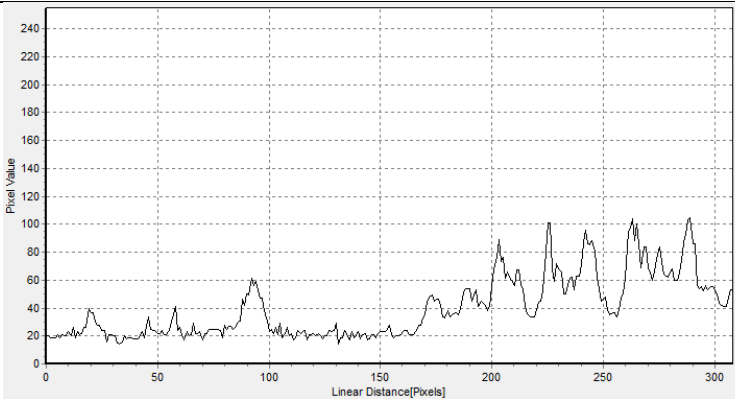
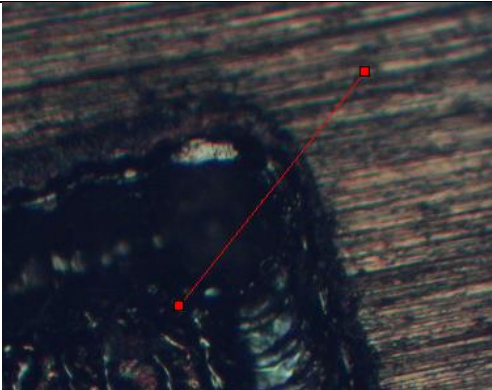
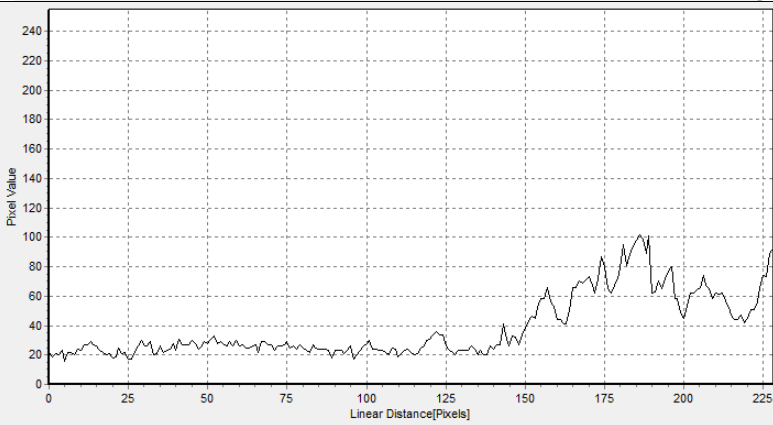
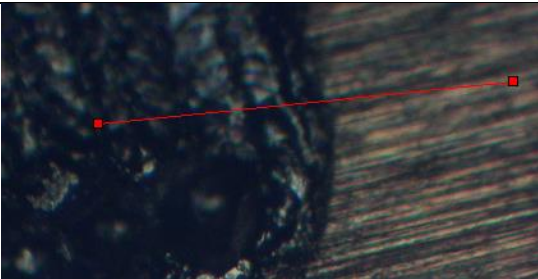
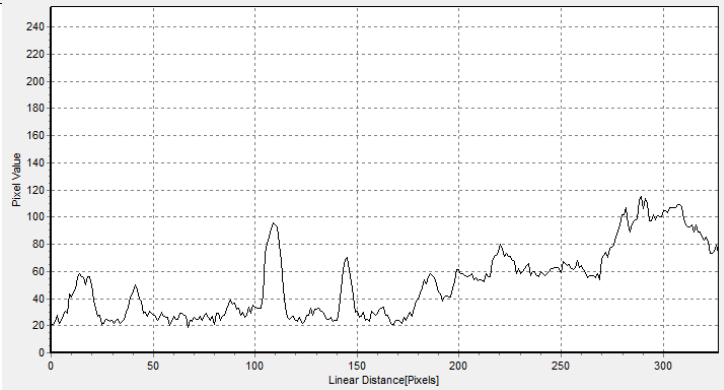
2	Без обработки			0,8
				0,8

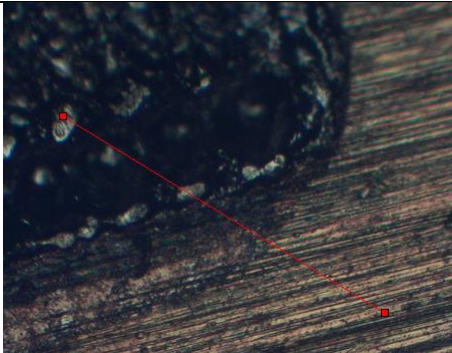
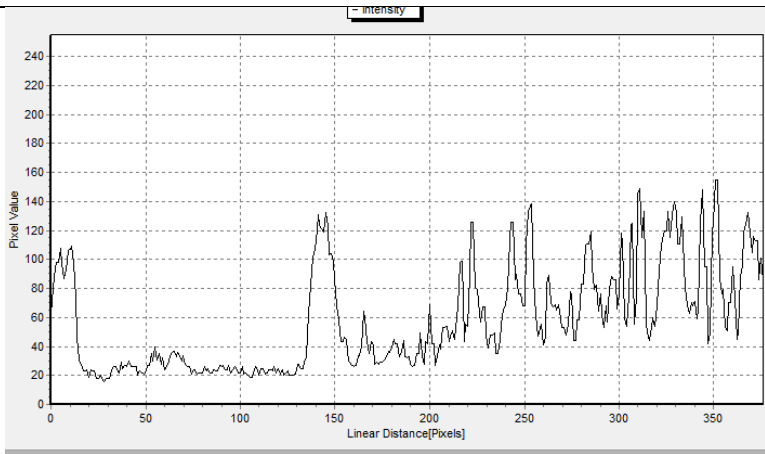
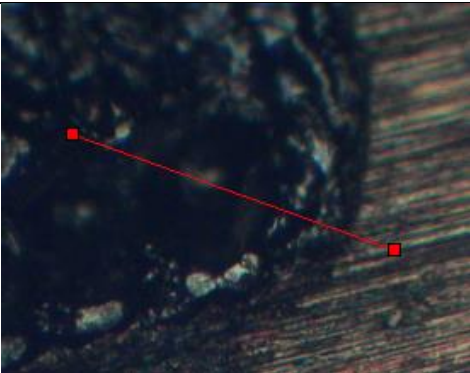
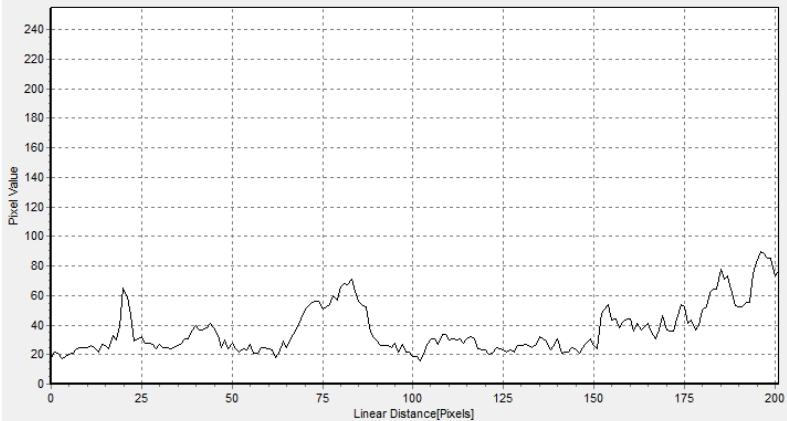
				0,8
	С обработко й 2ф			0,8

				0,8
				0,8
	Без обработки			0,8

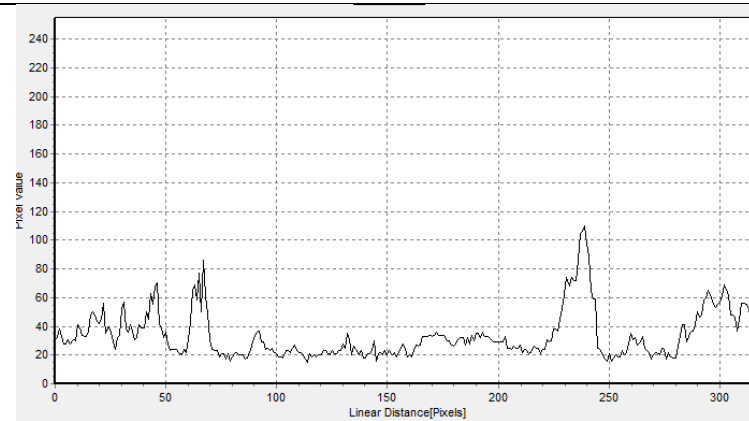
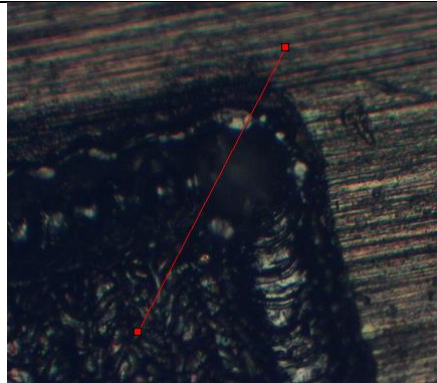


				0,8
				0,8
	С обработк й			0,8

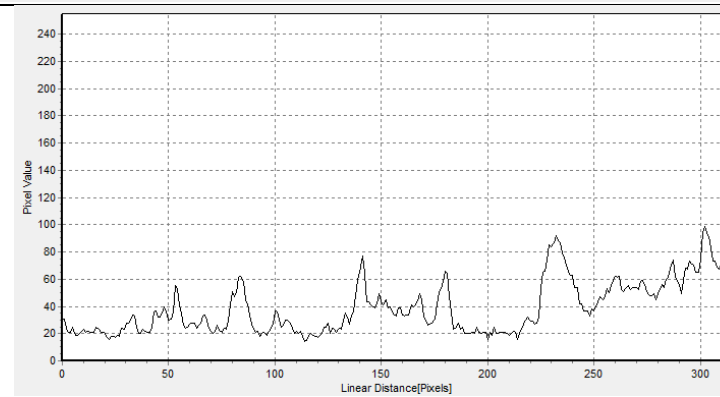
				0,8
				0,8
	Без обработки			0,8

				0,8
				0,8

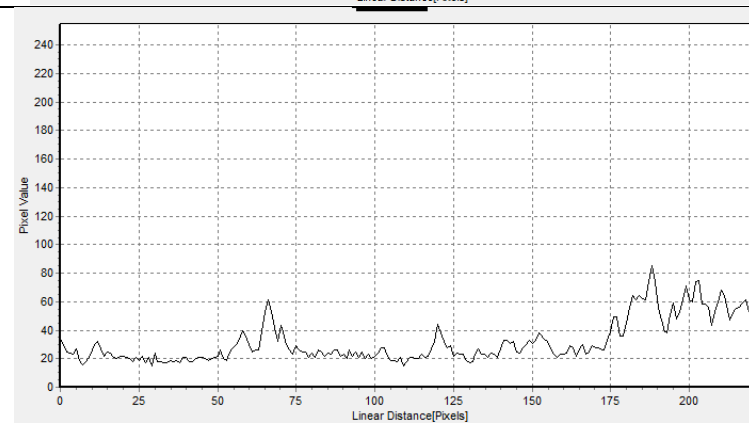
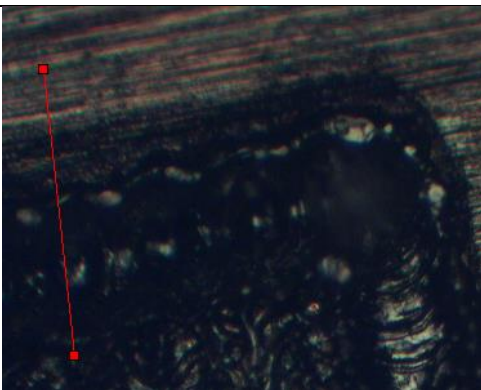
С  
обработко  
й



0,8

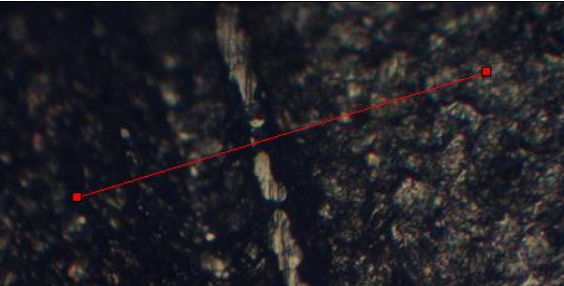
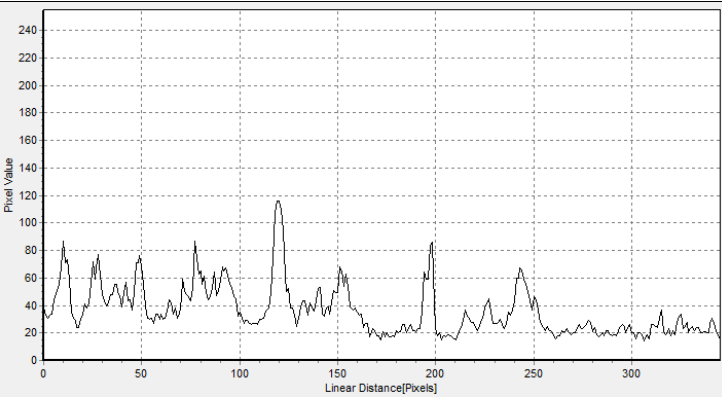

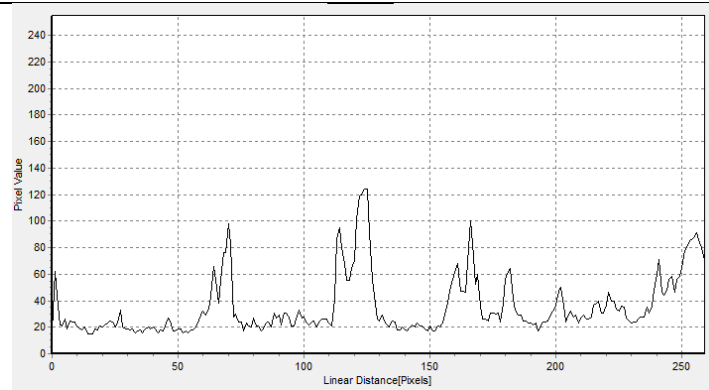

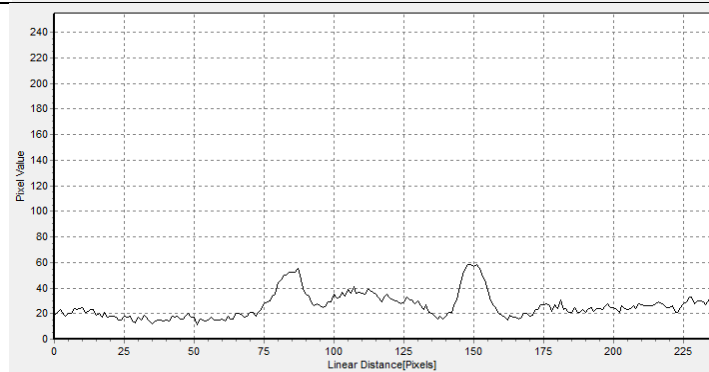



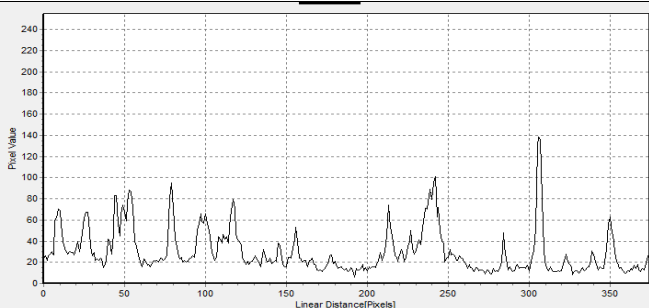

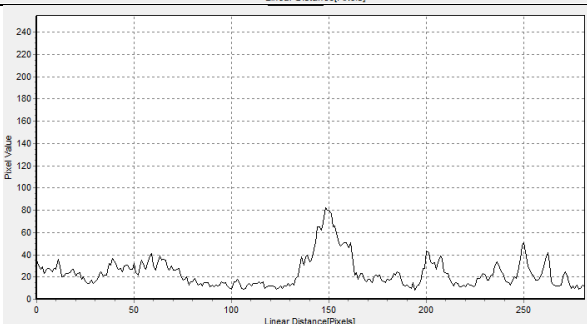
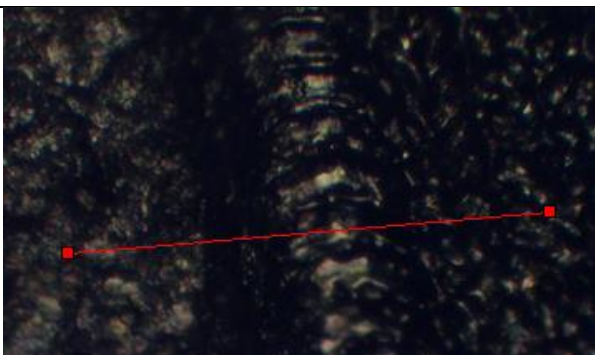
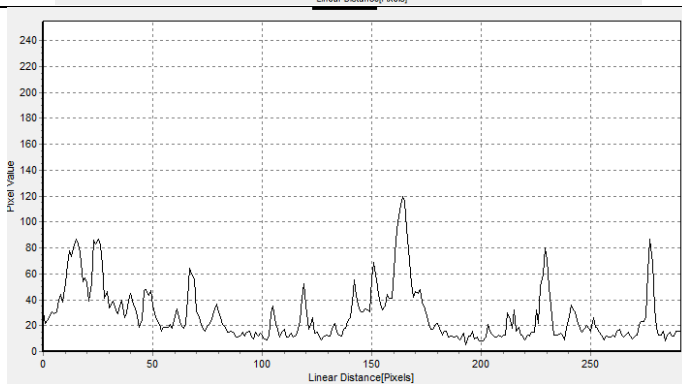
0,8

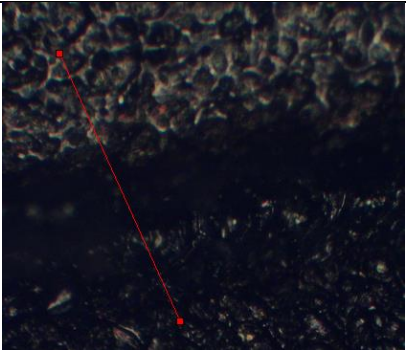
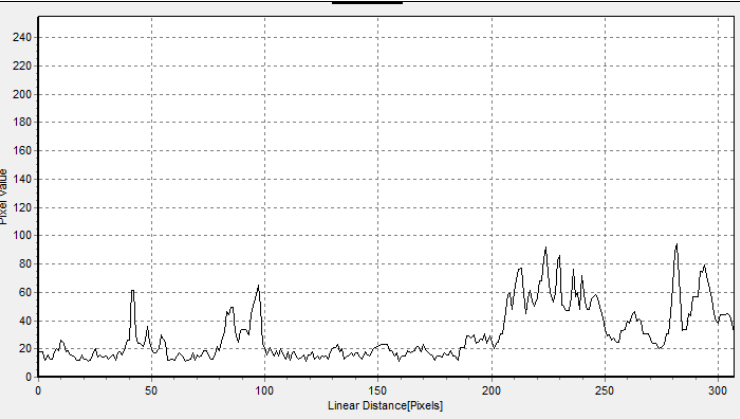
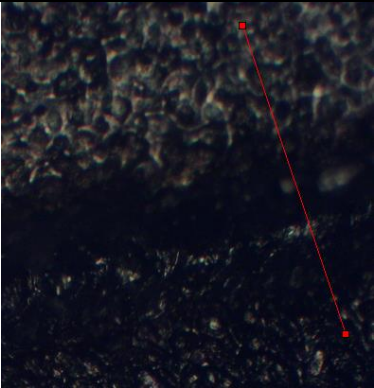
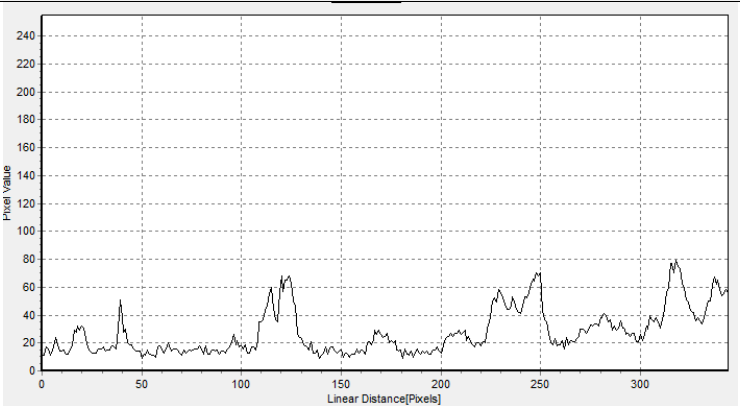


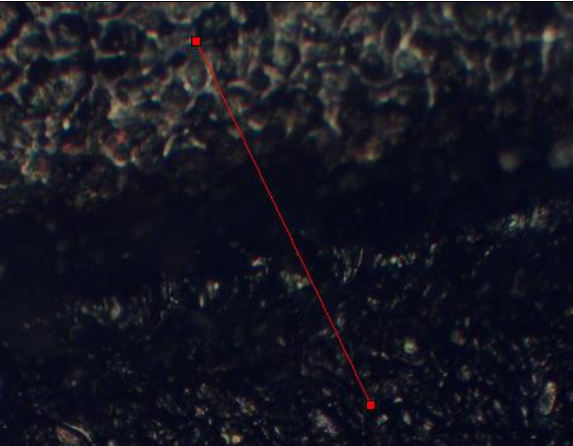
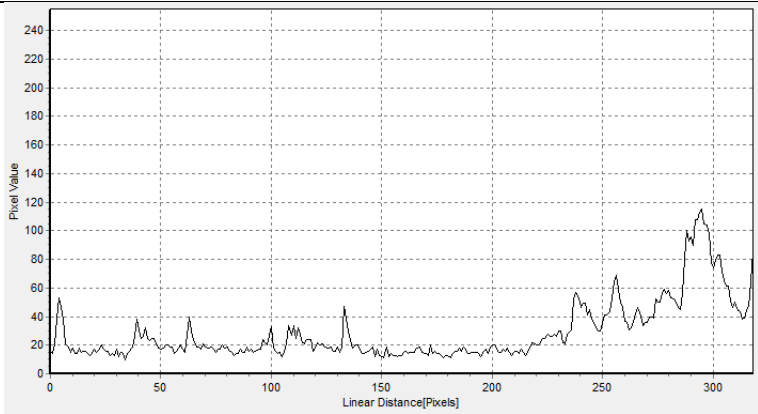
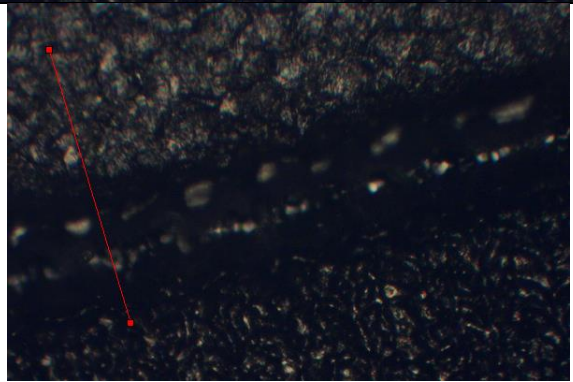
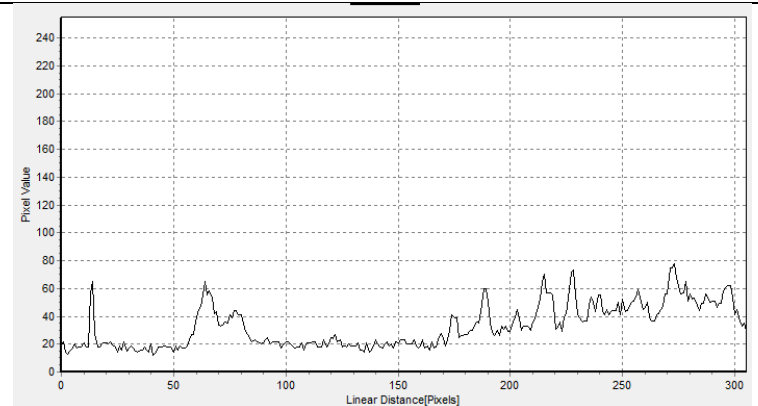
0,7

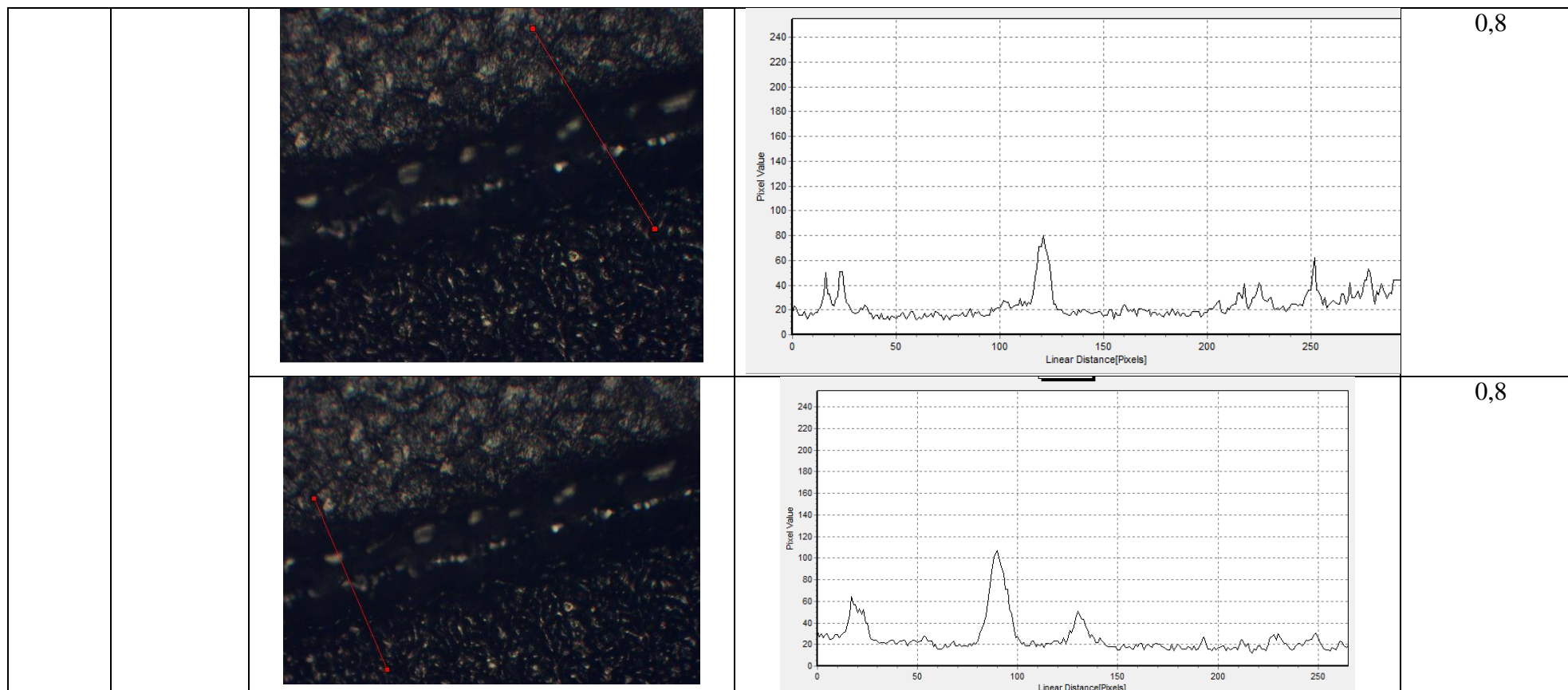


3	Без обработки			0,8
				0,8
				0,8

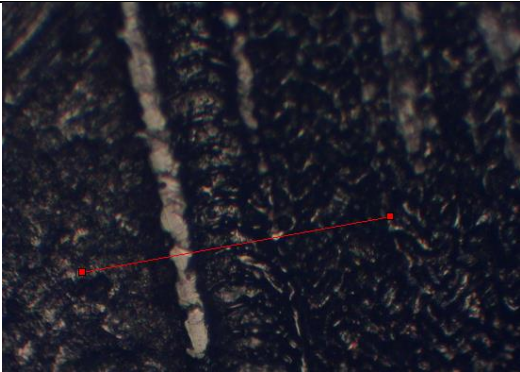
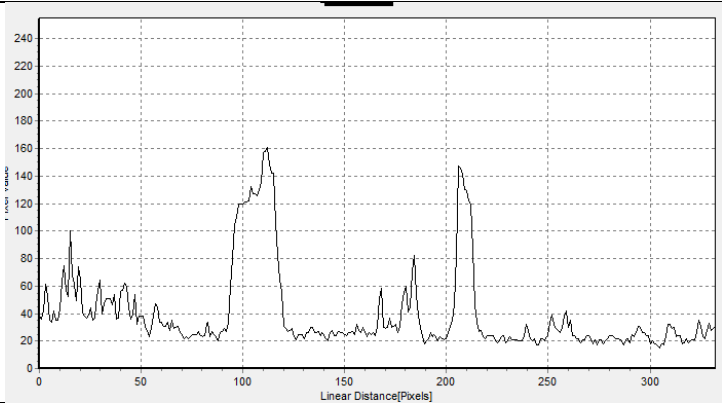
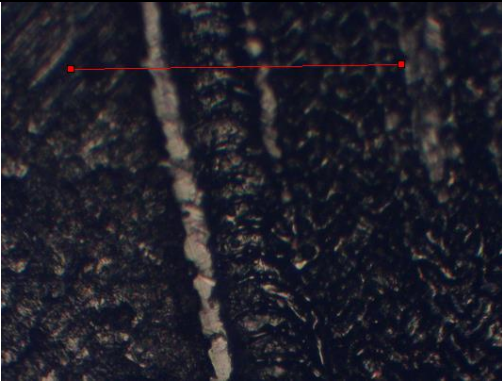
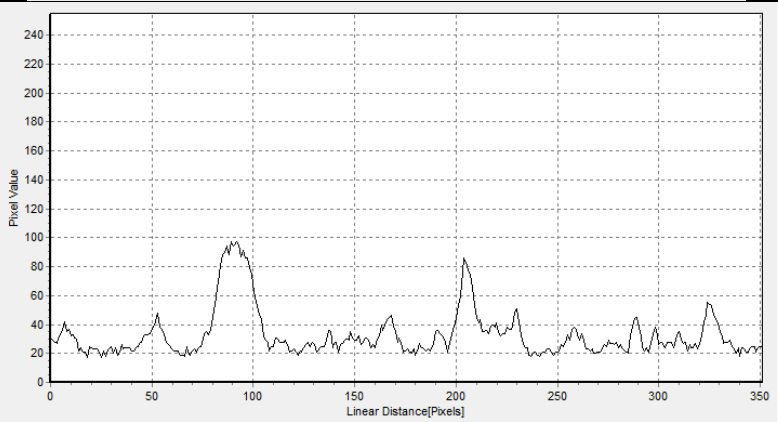
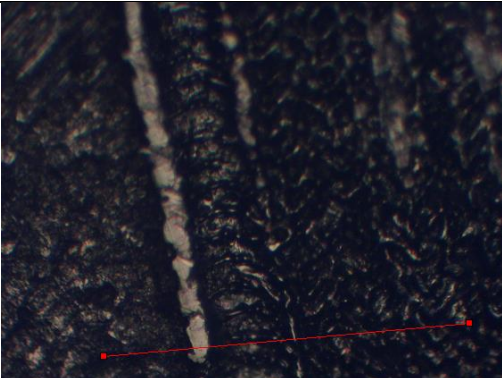
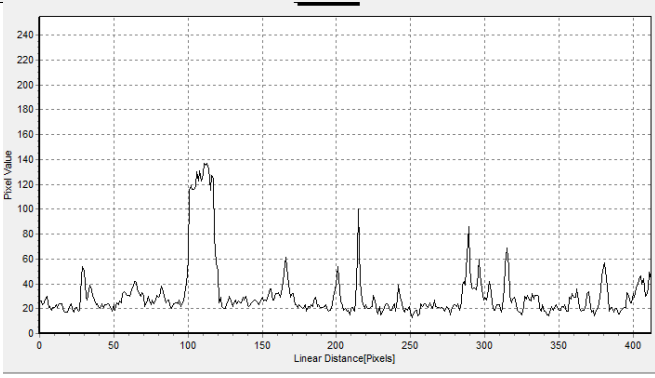
	С обработко й			0,9
				0,8
				0,9

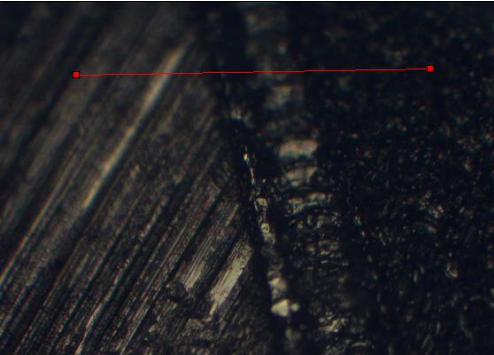
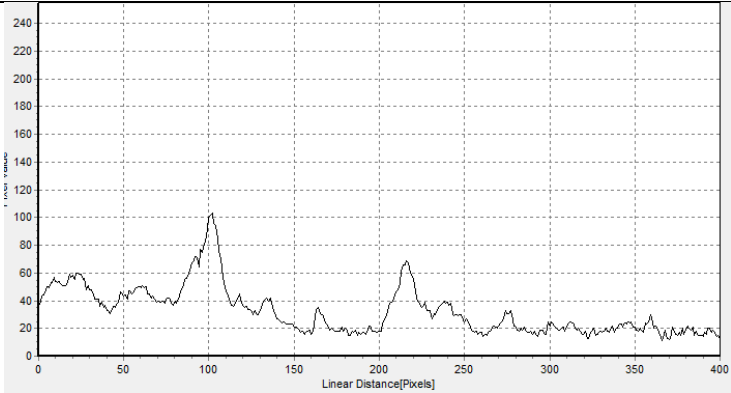
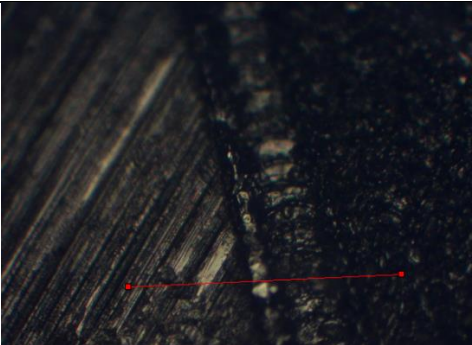

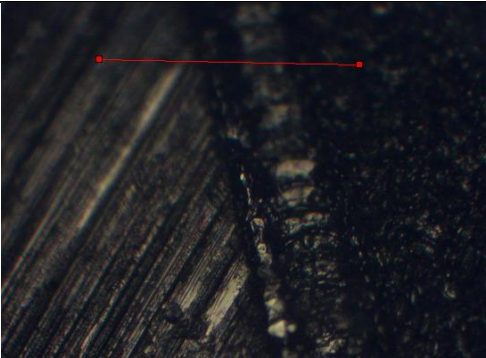
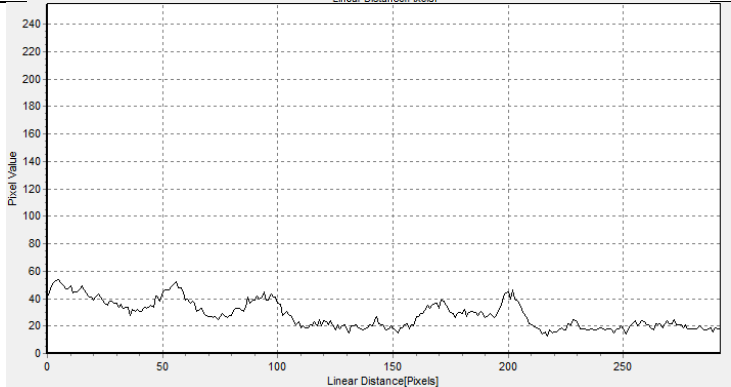
	Без обработки			0,8
				0,8

				0,8
	С обработко й			0,8





	Без обработки			0,8
				0,8
				0,9

	С обработко й			0,9
				0,8
				0,8

#### **4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» имеет своей целью анализ перспектив и успешности научно-исследовательского проекта. Также в данном разделе разрабатываются механизмы управления и другие проектные решения этапа реализации проекта.

Достижение поставленной цели требует решения следующих задач:

- дать оценку коммерческому потенциалу проекта и перспективам его разработки;
- обозначить поэтапный план выполнения исследования;
- произвести расчёт бюджета исследования;
- оценить эффективность проекта по ресурсным и экономическим показателям.

##### **4.1. Технико-экономическое обоснование научно-исследовательской работы**

Научное исследование посвящено модернизации уже имеющихся методик маркировки медицинских инструментов, а также маркировке хирургических инструментов с помощью нового оборудования.

Разработка НИР производится группой, состоящей из двух человек – руководителя и магистранта.

##### **4.2. Потенциальные потребители результатов исследования**

Данный проект является инициативным. Проект выполнен в рамках научно-исследовательской работы для ОМ ИШНПТ ТПУ. Проект обладает инновационным потенциалом, выраженным в совершенствовании уже имеющихся методик маркировки медицинских инструментов и подбор технологических параметров для нанесения маркировки на хирургические инструменты с помощью нового оборудования.

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.



Из выявленных критериев целесообразно выбрать два наиболее значимых для рынка. На основании этих критериев строится карта сегментирования рынка.

Целевым рынком данной методики являются медицинские учреждения. Проведем сегментирование и построим карту сегментирования рынка. Сегментировать рынок можно по следующим критериям: размер компании, виды компании (таблица 13).

Таблица 13 – Карта сегментирования рынка

		Вид компании	
		Муниципальные медицинские учреждения	Частные медицинские учреждения
Размер компании	Крупные	***	**
	Средние	***	*
	Мелкие	**	*

\*\*\* - очень высокая степень, \*\* - высокая степень, \*- невысокая степень.

Основным потребителем маркированных медицинских инструментов являются медицинские учреждения. Как видно из таблицы 13 в муниципальные медицинские учреждения все инструменты закупаются у поставщиков, которые долгое время сотрудничают в связи с этим основными потенциальными потребителями выступают средние и мелкие частные медицинские учреждения.

#### 4.3. SWOT-анализ

SWOT–анализ представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Данный вид анализа применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов:

Первый этап состоит в описании сильных и слабых сторон разработки и выявлении ее возможностей и угроз. Эти параметры заносятся в матрицу SWOT-анализа. Второй этап состоит в выявлении сильных и слабых сторон разработки при помощи интерактивных матриц, представленных в таблице

ниже. Третий этап заключается в составлении итоговой матрицы SWOT-анализа.

Таблица 14 – SWOT–анализ НТИ

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
<p>С1. Модернизация имеющейся технологии маркировки медицинских инструментов позволит производить больший объем продукта в сравнении с общей методикой за один и тот же период времени.</p> <p>С2. Разработка технологии маркировки с помощью нового оборудования позволит повысить качество продукта</p> <p>С3. Простота используемого оборудования;</p> <p>С4. Данная методика является экономически выгодной, ресурсоэффективной (требуется один специалист для работы по разработанной методике)</p> <p>С5. Гибкая адаптация технологического процесса позволит перенастроить оборудование для нужд конкретного заказчика</p>	<p>В1. Скорость и качество продукта, полученного по модернизированной технологии методики заинтересует потенциальных потребителей.</p> <p>В2. Возможность использования на мировом уровне;</p>
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
<p>Сл1. Необходимость квалифицированного персонала;</p> <p>Сл2. Трудность с внедрением разработанной методики в устоявшийся производственный процесс</p> <p>Сл3. Возникновения возможных недочетов из-за недостаточного количества тестирования методики</p>	<p>У1. Результаты конкурирующих коллективов, работающих в этом направлении</p> <p>У2. Отсутствие заинтересованных инвесторов проекта</p>

Следующим этапом является выявление соответствия сильных и слабых сторон проекта условиям внешней среды. Данный анализ соответствий (или несоответствий) необходим для оценки необходимости каких-либо стратегических изменений. В таблице 15 представлены корреляции сильных сторон проекта и возможностей его реализации.

Таблица 15 – Сильные стороны проекта и возможности

		C1	C2	C3	C4	C5
Возможности проекта	B1	+	+	-	+	-
	B2	+	+	+	+	+

Из таблицы 4.3 следует, что сильные стороны проекта соответствуют возможностям реализации по параметрам:

B1C1C2C5

B2C1C2C3C4C5

Таблица 16 – Слабые стороны проекта и возможности

Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	-	-	+
	B2	-	+	+

Из таблицы 16 следует, что слабые стороны проекта коррелируют с возможностями реализации по параметрам:

B1Сл3

B2Сл2Сл3

Таблица 17 – Сильные стороны проекта и угрозы

Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5
	Y1	-	-	-	+	-
	Y2	+	+	+	+	-

Из таблицы 17 следует, что сильные стороны проекта соответствуют угрозам реализации по параметрам:

Y1C4

Y2C1C2C3C4

Таблица 18 – Слабые стороны проекта и угрозы

Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	Y1	-	+	
	Y2	-	+	+

Из таблицы 18 следует, что слабые стороны проекта соответствуют угрозам реализации по параметрам:

Y1Сл2

Y2Сл2Сл4

Проанализировав полученные данные, можно сказать, что наибольшую угрозу проекту представляет результаты конкурирующих коллективов. Разрабатываемая методика является более экономически выгодной и современной относительно уже имеющийся методики лазерной маркировки

медицинских инструментов. Проанализировав результаты коллективов, работающих в данном направлении можно сказать, что малое количество научных групп работают в данном направлении, либо занимают другую нишу для лазерной маркировки.

Слабой стороной проекта является необходимость в квалифицированном персонале для нанесения маркировки. Решением данной проблемы может послужить обучение персонала по работе с необходимым оборудованием, а также обучение по использованию ПО.

#### 4.4. Планирование комплекса работ по проведению НТИ

Трудоемкость выполнения НТИ оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Разделим исследование на этапы, представленные в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель; инженер
Проведение ВКР			
Выбор направления исследования	2	Изучение литературы по соответствующей тематике	Инженер
	3	Изучение особенностей лазерной маркировки	Инженер
	4	Календарное планирование работ	Руководитель; инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение расчетов по выбору оптимального режима лазерной маркировки	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Планирование эксперимента по нанесению маркировки	Руководитель, инженер
	7	Проведение эксперимента по нанесению маркировки на хирургические инструменты	Инженер
	8	Измерение контраста и шероховатости на полученных образцах	Инженер
Обобщение и оценка результатов	9	Сравнение полученных результатов с эталонными образцами	Руководитель; инженер
	10	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель; инженер

	11	Составление методики по лазерной маркировке медицинских изделий	Инженер
Оформление отчета (комплекта документации)	12	Сдача отчета по НТИ	Инженер

#### 4.4.1 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения трудоёмкости работ используется опытно-статистический метод расчёта ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot t_{\min i} + 2 \cdot t_{\max i}}{5},$$

где  $t_{ож\ i}$  –ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы ,чел.-дн.;

$t_{\min i}$  –минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  –максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i},$$

где  $T_{pi}$  –продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ож\ i}$  –ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  –численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k ,$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения одной работы, календ.дн.;

$T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$k$  – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}} ,$$

где  $T_{кг}$  – количество календарных дней в году;

$T_{вд}$  – количество выходных дней в году;

$T_{пд}$  – количество праздничных дней в году.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}} = \frac{365}{365 - 108 - 10} = 1,48 .$$

Длительность этапов в рабочих днях. Следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ  $T_k$  нужно округлить до целых чисел.

#### 4.4.2 Техническая готовность НТИ

Техническая готовность исследования отражает то, насколько выполнены запланированные этапы или работа. Численно показатель технической готовности выражается как отношение продолжительности работ, выполненных на момент исчисления этого показателя, к общей запланированной продолжительности работ, при этом следует учесть, что период исследования составляет примерно 5 месяцев, студент-дипломник выступает в качестве основного исполнителя.

Для выделения удельного значения отдельной работы из общей продолжительности работ используется формула:

$$Y_i = \frac{T_{pi}}{T_p} \cdot 100\% ,$$

где  $Y_i$  – удельное значение каждой работы в%;

$T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$T_p$  – суммарная продолжительность работ, раб.дн.

Техническую готовность индивидуальной работы определим по формуле:

$$\Gamma_i = \frac{\sum_{i=1} T_{pi}}{T_p} \cdot 100\% ,$$

где  $\sum_{i=1} T_{pi}$  – нарастающая продолжительность на момент выполнения  $i$ -

той работы.

Результаты расчетов приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Временные показатели проведения НТИ

№ Работы	Исполнители	Продолжительность работ				
		t <sub>min</sub> , чел.-дн.	t <sub>max</sub> , чел.-дн.	t <sub>ож</sub> , чел.дн.	T <sub>p</sub> , раб.дн.	T <sub>к</sub> , кал.дн.
1	Руководитель; инженер	1	2	1,4	1,4	2
2	Инженер	8	10	8,8	8,8	13
3	Инженер	4	6	1,4	4,8	7
4	Руководитель; инженер	1	2	1,4	1,4	2
5	Инженер	2	3	2,4	2,4	4
6	Руководитель, инженер	1	2	1,4	1,4	2
7	Инженер	14	21	16,6	16,6	25
8	Инженер	1	2	1,4	1,4	2
9	Руководитель; инженер	2	3	2,4	2,4	4
10	Руководитель; инженер	1	2	1,4	1,4	2
11	Инженер	7	10	8,2	8,2	12

12	Инженер	5	8	6,2	6,2	9
Руководитель					8	12
Инженер					56	84

По данным таблицы 20 видно, что в исследовании для данной работы задействовано два человека (руководитель и инженер), а на выполнение НИР требуется 84 календарных дней.

#### 4.4.3 Построение графика работ

В качестве графика можно использовать диаграмму Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится по данным таблицы 20 с разбивкой по месяцам и неделям (7 дней) за период времени всех работ. При этом работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за тот или иной этап работы.



Таблица 21 – Диаграмма Ганта

Этапы	Вид работы	Исполнитель и	$T_k$	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель; инженер	2					
2	Изучение литературы по соответствующей тематике	Инженер	13					
3	Изучение особенностей лазерной маркировки	Инженер	7					
4	Календарное планирование работ	Руководитель; инженер	2					
5	Проведение расчетов по выбору оптимального режима лазерной маркировки	Инженер	4					
6	Планирование эксперимента по нанесению маркировки	Руководитель; инженер	2					
7	Проведение эксперимента по нанесению маркировки на хирургические инструменты	Инженер	25					
8	Измерение контраста и шероховатости на полученных образцах	Инженер	2					
9	Сравнение полученных результатов с эталонными образцами	Руководитель; инженер	4					
10	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель; инженер	2					
11	Составление методики по	Инженер	12					



Таблица 21 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, З <sub>м</sub> , руб.
Бумага формата А4	экз.	1	250	250
Хирургические инструменты	шт.	8	600	4800
Итого				5050

Стоимость спецоборудования и оборудования для проведения НТИ, сводятся в таблице 22. Все необходимое спецоборудование имеется в лаборатории.

Таблица 22. – Стоимость спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Маркер Rabbit marker Fiber 20	1	300	300
3	Компьютер	1	45	45
Итого:				345

Расчёт амортизации оборудования  $I_{\text{ам.обор}}$  ведется по следующей формуле:

$$I_{\text{ам.обор}} = \left( \frac{T_{\text{исп.обор}}}{365} \right) \cdot K_{\text{обор}} \cdot N_a,$$

где  $T_{\text{исп.обор}}$  – время использования оборудования;

365 дней – количество дней в году;

$K_{\text{обор}}$  – стоимость оборудования;

$N_a$  – норма амортизации.

$$N_a = \frac{1}{T_{\text{с.с.обор}}}.$$

где  $T_{\text{с.с.обор.}}$  – срок службы оборудования.

$$И_{\text{маркер}} = \left( \frac{T_{\text{маркер}}}{365} \right) \times K_{\text{маркер}} \times H_a = \left( \frac{29}{365} \right) \times 300000 \times \left( \frac{1}{10} \right) = 2383,56 \text{ руб.}$$

$$И_{\text{ам.комп}} = \left( \frac{T_{\text{комп}}}{365} \right) \times K_{\text{комп.}} \times H_a = \left( \frac{31}{365} \right) \times 45000 \times \left( \frac{1}{10} \right) = 382,2 \text{ руб}$$

Результаты расчета сведем в таблицу 23

Таблица 23 – Затраты на амортизацию оборудования

Наименование оборудования	К <sub>обор</sub> , руб.	Т <sub>исп. обор</sub> , дней	И <sub>ам.обор</sub> , руб.
Маркер Rabbit marker Fiber 20	300000	29	2383,56
Компьютер	45000	31	382,2
ИТОГ			2765,76

#### 4.5.1 Расчет основной заработной платы исполнителей

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада. Заработную плату:

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}$$

где  $З_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$З_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата (15 % от  $З_{\text{осн}}$ ).

Основная заработная плата ( $З_{\text{осн}}$ ) руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p$$

где  $З_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$З_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = З_{\text{м}} \cdot M / F_{\text{д}}$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб. дней  $M=10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 24).

Таблица 24 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Значение, чел.-дн.
Календарное число дней	365
Количество нерабочих дней	118
Потери рабочего времени	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	247

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p$$

где  $Z_{tc}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ -премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{tc}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2.

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3

$k_t$  – тарифный коэффициент, учитывается по единой. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.14

Таблица 25 – Расчет основной заработной платы руководителя

Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудовое мкость, чел.-раб.дн.	Заработная плата по тарифу (окладам) с учётом РК, руб.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., руб.	Итоговая з/п
1-12	Инженер (УВП, 1 кв. уровень)	56	12130	12130/21=577,62	32346,72
1,4,6,9,10	Руководитель (Доцент, к.т.н)	8	35120	34190/21=1672,38	13379,04
					Итого: 45725,76

#### 4.5.2 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы равен 0,15.

$$З_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 45725,76 = 6858,86 \text{ руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}})$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, равен 30.2%.

#### 4.5.3 Отчисления во внебюджетные фонды:

$$З_{\text{внеб}} = 0,302 \cdot (45725,76 + 6858,86) = 15880,55 \text{ руб.}$$

#### 4.5.4 Расчет накладных затрат

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 - 5) \cdot k_{\text{нр}}$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. можно взять в размере 16%.

$$З_{\text{накл}} = (5050 + 345000 + 45725,76 + 6858,86 + 15880,55) \cdot 0,16 = 66962,38 \text{ руб.}$$

#### 4.5.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по варианту руководителя приведен в таблице 26.

Таблица 26 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Порядок расчета
Материальные затраты НТИ	5050	Таблица 4.10
Амортизация специального оборудование для научных (экспериментальных) работ	2765,76	Таблица 4.12
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	45725,76	Таблица 4.13
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6858,86	Пункт 4.5.2
Отчисления во внебюджетные фонды	15880,55	Пункт 4.5.3
Накладные расходы	66962,38	Пункт 4.5.4
Бюджет затрат НТИ		143243,31 руб.

#### 4.6. Оценка ресурсоэффективности

Поскольку данная НИР относится к поисковым работам, то оценивать её эффективность преждевременно. Эффективность может быть определена только после проведения большого количества наработок, пробной продукции, а также оценка качества полученной продукции на большом количестве образцов, поэтому раздел оценки и сравнения эффективности результата научного исследования для нашей работы не имеет значение.

Основная часть работы выполнялась с применением ПК, разрабатывался оптимальный режим для лазерной маркировки, также в ходе работы был проведен эксперимент по нанесению маркировки на хирургические инструменты. Данный образец возможно использовать несколько раз, т.к. подверженная воздействиям поверхность небольшая, в

связи с этим данная исследовательская работа способствует экономии ресурсов.



## 5. Социальная ответственность

Данная работа выполнялась в лаборатории ОМ ИШНПТ ТПУ. Она относится к научно-исследовательским работам и выполняется с целью расширения, углубления, систематизации знаний по определенной научной проблеме и создания научного задела. Работа посвящена разработке и нахождению оптимального режима лазерной маркировки хирургических инструментов. В процессе выполнения работы необходимо предусмотреть ряд мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранения здоровья и работоспособности исследователя, т.к. возможно воздействие электрического тока, повышенных умственной и нервно-психологической нагрузок и других факторов.

В разделе «производственная и экологическая безопасность» рассмотрены вопросы по производственной санитарии, электробезопасности, охране окружающей среды и чрезвычайным ситуациям применительно к данной НИР. А так как работа сопряжена с большой умственной и нервно-психологической нагрузкой, то необходимо особое внимание уделить освещению в помещении, от которого зависит сохранность зрения, состояние центральной нервной системы, безопасность работы.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Перед началом работы каждый сотрудник должен пройти инструктаж по технике безопасности. Инструктаж по ТБ должен включать особенности работы за ПК. При длительной работе за компьютером необходимо соблюдать режим труда и отдыха. Режим труда и отдыха предусматривает соблюдение определённой длительности непрерывной работы на ПК и перерывов, регламентированных с учётом продолжительности рабочей смены, видов и категории трудовой деятельности. Для предупреждения преждевременной утомляемости оператора рекомендуется организовать рабочую смену путём чередования работ с использованием ПК и без неё. При постоянном взаимодействии с ПК с напряжением внимания и

сосредоточенности рекомендуется организация перерывов на 10-15 мин через каждые 45-60 мин работы. Продолжительность непрерывной работы на ПК без перерыва не должна превышать 1 ч.

Также при работе с установкой для лазерной маркировки необходимо ознакомиться с ТБ, т.к. оборудование находится под напряжением. Рабочее место около каждой установки должно быть обеспечено возможностью свободного доступа для эксплуатации и ремонта. При этом установки не должны загораживать проход в случае ЧС. Рычаг аварийного отключения электроэнергии должен быть легко достигаем при работе у любой части установки.

## **5.2. Производственная безопасность**

По характеру физической нагрузки, данная исследовательская работа относится к разряду легких, но она связана с большой умственной нагрузкой. Длительная работа в помещении при повышенной или пониженной температуре и влажности воздуха, плохом освещении, а также при наличии других опасных и вредных производственных факторов, неблагоприятно сказывающихся на здоровье работающего, что неизбежно влечет за собой снижение производительности труда.

Для проведения исследований помимо работы с ПК, необходимо провести экспериментальные исследования для тестирования рассчитанного режима лазерной маркировки. В ходе экспериментальной части работы было необходимо нанести маркировку на хирургические инструменты при помощи лазерного маркера «Rabbit marker Fiber 20».

### 5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Основная работа выполнялась с применением персонального компьютера (ПК). Основные вредные факторы, действующие на человека при работе за ПК:

- Сидячее положение в течение длительного времени;
- Утомление глаз, нагрузка на зрение;
- Перегрузка суставов кистей;

Основные нормируемые величины на рабочем месте пользователя ПК:

1) Временные допустимые уровни ЭМП создаваемых ПЭВМ (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03):

- поверхностный электростатический потенциал -  $\leq 500\text{В}$ ;
- напряженность переменного электрического поля  $f=2\text{Гц}-2\text{кГц}$  -  $\leq 25\text{В/м}$ ;
- напряженность переменного электрического поля  $f=2\text{кГц}-400\text{кГц}$  -  $\leq 2.5\text{В/м}$ ;
- плотность потока переменного магнитного поля  $f=2\text{Гц}-2\text{кГц}$  -  $\leq 250\text{нТл}$ ;
- плотность потока переменного магнитного поля  $f=2\text{кГц}-400\text{кГц}$  -  $\leq 25\text{нТл}$ ;

2) показатели микроклимата – для теплого периода года – температура  $\leq 23-25^{\circ}\text{C}$ , для холодного –  $22-24^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность 40-60%, скорость движения воздуха 0.1.м/с, тепловое облучение 35-100 Вт/м<sup>2</sup> (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03);

3) освещенность – в зоне рабочего документа на столе 300-500 лк, яркость светящихся поверхностей, находящихся в поле зрения,  $\leq 200\text{ Кд/м}^2$ , коэффициент пульсации  $\leq 5\%$  (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03);

4) шум –уровень шума при постоянном применении ПК  $\leq 50\text{ дБА}$  (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03);

5) инфразвук -  $\leq 75\text{ дБЛин}$  (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03);

6) вибрация -  $\leq 65-75$  дБ (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03);

7) визуальные параметры ВДТ, контролируемые на рабочих местах (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03)

- яркость белого поля – не менее  $35 \text{ кд/м}^2$ ;
- неравномерность яркости рабочего поля – не более  $\pm 20\%$ ;
- контрастность (для монохромного режима) – не менее 3:1;
- временная нестабильность изображения (мелькание) – не должна фиксироваться;
- пространственная нестабильность изображения (дрожание) – не более  $2 \cdot 10^{-4L}$ , где L-проектное расстояние наблюдения, мм;

8) ионизирующее излучение (радиация) – эквивалентная доза не более 0.1 мбэр/час (СанПиН СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03).

Одним из факторов комфортности рабочей среды является организация рабочего места. Рабочее место – это часть помещения предприятия (организации), имеющая площадь и объем, достаточный для размещения инженера и необходимого оборудования. Рабочее место должно соответствовать ГОСТ 12.2.032 – 78:

- устойчивый рабочий стол с покрытием из однотонного неметаллического материала, не накапливающего статическое электричество;
- конструкция рабочего стула должна исключать появления онемений и нарушений кровообращения;
- соответствие рабочего места всем санитарным нормам и техническим требованиям.

Так, по санитарным нормам СН 181 –70 рекомендуется следующая палитра цветов для окраски помещения:

- для потолка использовать светлые цвета;
- для стен использовать светло-голубые оттенки;
- для пола использовать краску тёмно-красную или коричневую.

Данные рекомендации объясняются успокаивающим эффектом для психики человека, а также уменьшением зрительного утомления рабочего.

Шум являются наиболее распространённым вредным фактором производства. Шум может создавать работающее оборудование, имеющие подвижные части, инструменты в процессе использования.

Согласно требованию, СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 защита и уровень шума в помещении, в котором работает инженер-проектировщик не должно превышать 50 дБА. В ходе работы использовалась установка для лазерной маркировки. При работе данного оборудования уровень шума в лаборатории не превышал 50 дБА, т.к. оборудование находится в отдельно стоящем помещении, которое отделено от основной площади лаборатории шумопоглощающим материалом.

Вибрация – это движение точки или механической системы, при котором происходит поочередное возрастание и убывание во времени значений, по крайней мере, одной координаты. Различают общую и локальную вибрацию. Согласно требованию, СН 2.2.4/2.1.8.566–96 уровень вибрации не должен превышать 65 дБ. В ходе проведения работ уровень вибрации в лаборатории не превышал 65 дБ.

При выполнении данной работы экспериментальная часть заключается в нанесении маркировки на хирургические инструменты при помощи лазерного маркера исходя из этого возникает вероятность поражения электрическим током. Также в ходе выполнения работы возникает вероятность подвергнуться термическим воздействиям при контакте с нагретыми поверхностями. В ходе работы максимальный нагрев детали составляет +50-60 °С.

Электромагнитные волны представляют собой взаимосвязанные колебания электрических и магнитных полей, составляющих единое электромагнитное поле, распространяющееся в пространстве с конечной скоростью. Негативное воздействие ЭМП на человека выражается в виде торможения рефлексов, изменения биоэлектроактивности головного мозга, нарушения памяти, развития синдрома хронической депрессии, понижения кровяного давления. В ходе работы использовался современный ПК с

жидкокристаллическим монитором, в связи с этим уровень ЭМП находится на допустимом уровне.

Ионизирующее излучение – это любое излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию электрических зарядов разных знаков. Представляет собой поток заряженных и (или) незаряженных частиц. Ионизирующее излучение считается особо вредным для здоровья человека. В процессе этого влияния происходит неблагоприятное воздействие на клетки. Использование современных ПК и правильное планирование рабочего места, а именно установка монитора на расстоянии 50 см от оператора и расстояние между несколькими столами с ПК должно быть не менее 3,5 м.

#### 5.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

Рабочее помещение должно обладать необходимой площадью и объемом для размещения в ней необходимого оборудования, а также комфортного перемещения рабочих. Также в рабочем помещении должно присутствовать естественное и искусственное освещение для светлого и темного времени суток соответственно. Соблюдение санитарно-гигиенических норм труда, т.е. рационального светового оформления рабочего помещения способствует повышению производительности труда.

Произведём расчёт полезной площади помещения и объема воздуха, где производятся работы. Рабочее помещение имеет размеры: длина 6 м, ширина 5 м, высота 2,8 м. Тогда площадь комнаты  $S$ :

$$S = 6 \cdot 5 = 30 \text{ м}^2.$$

Объем воздуха в комнате  $V$  найдем, перемножив длину, ширину и высоту комнаты:

$$V = 6 \cdot 5 \cdot 2,8 = 84 \text{ м}^3$$

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 объем помещений должен быть таким, чтобы на одного работающего приходилось не менее 4,5 м<sup>2</sup> площади свободного пространства и не менее 15 м<sup>3</sup> объема потребляемого воздуха.

В кабинете оборудовано 2 рабочих места. Тогда, с учетом максимального числа одновременно работающих в кабинете людей, на одного человека приходится 15 м<sup>2</sup> площади и 33,6 м<sup>3</sup> объема потребляемого воздуха. Санитарная норма соблюдена, помещение подходит для работы по параметрам площади и потребляемого воздуха на каждого человека.

В соответствии с характером выполняемых работ, освещенность рабочего места по СП 51.13330.2016 должна быть 200 лк – общая освещенность и 300 лк – комбинированное освещение

В связи с тем, что проведение экспериментов занимает длительное время, работать в помещении лаборатории приходится как в светлое, так и в темное время суток, что неизбежно обуславливает необходимость использования искусственного освещения.

Производственно-лабораторное освещение, правильно спроектированное и выполненное, предназначено для решения следующих вопросов: оно улучшает условия зрительной работы, снижает утомление, способствует повышению производительности труда, качества выполняемой работы и снижает травматизм на рабочем месте.

Для освещения лаборатории ОМ ИШНПТ ТПУ используется общая система искусственного освещения.

Пыли в помещении выделяется мало, стены и потолки бетонные побеленные, пол темный; помещение пожароопасное (категория Д).

Для освещения лаборатории используем светильники типа Л-2010 с люминесцентными лампами ЛБ и ЛД.

По санитарным нормам освещенности помещений находим величину минимально допустимой табличной освещенности  $E_T$ , для данного вида работ  $E_T=200\text{лк}$ . Полученная величина должна быть спроектирована с учетом коэффициента запаса. Описываемое помещение характеризуется малым выделением пыли, дыма и копоти, поэтому  $k=1.5$ .

Тогда расчетная освещенность

$$E_p = E_T * k$$

$$E_p = 200 \cdot 1,5 = 300 \text{лк.}$$

Приняв свес светильников  $h_c = 0,2 \text{м}$  и высоту рабочей поверхности  $h_p = 0,8 \text{м}$ , определим высоту подвеса над рабочей поверхностью:

$$h = H - h_c - h_p$$

$$h = 2,8 - 0,2 - 0,8 = 1,8 \text{м}$$

Исходя из известных параметров ламп, площади помещения лаборатории, расчетной величины освещенности, высоты подвеса по таблице удельной мощности находим удельную мощность  $w = 13,6 \text{Вт/м}^2$ .

Суммарная мощность светильников:

$$P = S \cdot w$$

$$P = 30 \cdot 13,6 = 408 \text{ Вт}$$

Так как мощность одного светильника составляет 200 Вт (2 лампы по 100 Вт), то для освещения всего помещения потребуется число светильников:

$$N = P_{\text{сум.}} / P_{\text{св.}}$$

$$N = 408 / 200 = 2,04$$

Примем 2 светильника.

Определим наиболее выгодное расстояние между светильниками из соотношения  $\lambda = L/h$ ,  $\lambda = 1,3$ :

$$L = 1,3 \cdot h = 1,3 \cdot 2,8 = 3,5 \text{м}$$

Учитывая, что ширина помещения  $A = 5 \text{м}$ , расстояние светильников до ближайших стен 2 метра.

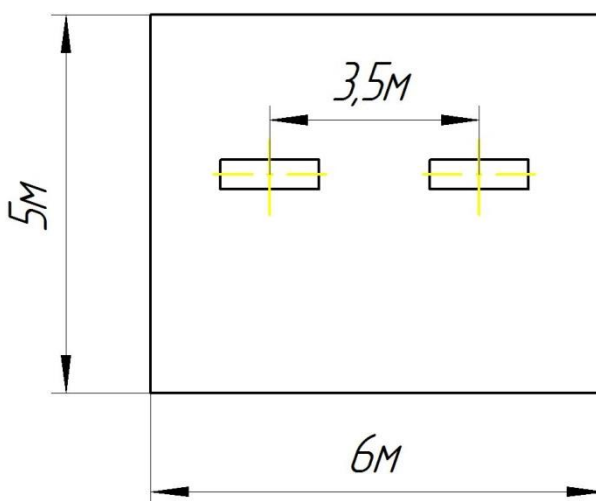


Рисунок 6 - Схема расположения светильников



Психофизиологические факторы обусловлены содержанием труда и его организацией, поэтому их называют иногда трудовыми. Данные факторы подразделяются на физические и нервно-психические. Исследовательская работа подразумевает долгое нахождение за ПК, что может спровоцировать эмоциональные напряжения (снижение концентрации и производительности), физический дискомфорт и т.д. Для предотвращения негативных последствий необходимо организовать трудовую деятельность, а именно распланировать рабочее время и перерывы.

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

В данной работе опасность поражения электрическим током возникает при работе со следующим оборудованием: лазерный маркер «Rabbit marker Fiber 20», персональный компьютер.

Каждая из этих установок расположены в помещениях без повышенной опасности поражения током, т.е. в сухих помещениях с нормальной температурой воздуха и с изолирующими полами.

Основные причины несчастных случаев от воздействия электрического тока следующие:

- 1) случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- 2) появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования в результате повреждения изоляции и других причин;
- 3) появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки.

Согласно ГОСТ 12.1.038-96 предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов, воздействию которых человек может подвергаться в процессе работы с электрооборудованием, составляют для установок в нормативном режиме: для постоянного тока – не более 0,8 В и 1 мА

соответственно, для переменного тока (частота 50Гц) – не более 2 В и 0.3 мА соответственно.

В целях обеспечения электробезопасности все электрооборудование в лаборатории занулено (использована глухозаземленная нейтраль сети 220 В). Эта мера более эффективна, чем заземление, поскольку в критическом случае ток короткого замыкания при занулении больше, чем при заземлении, следствием чего является более быстрое срабатывание предохранительных устройств. Во многих случаях это позволяет сберечь дорогостоящее оборудование от повреждений.

При работе с установкой лазерный маркер «Rabbit marker Fiber 20» необходимо выполнение следующих требований:

- недоступность токоведущих частей;
- зануление электрооборудования;
- периодические осмотры оборудования с целью выявления возможных неполадок;
- запрещается работа при повреждении изоляции;
- обслуживание электроустановок поручается лицам, прошедшим медицинский осмотр и специальное обучение;
- отсутствие пыли, сырости (влаги) в помещении;
- запрещается работа влажными руками, в мокрой одежде;
- исключение ошибочной подачи напряжения к месту работы;
- при приближении грозы необходимо отключить оборудование от сети.

Также при начале выполнения работ с использованием установок под напряжением необходимо прослушать ТБ и ознакомиться с особенностями установки.

В ходе работы возникает опасность получить ожоги при взаимодействии с нагретыми поверхностями установки на которой проводится эксперимент и с открытыми нагретыми поверхностями образцов.

Для предотвращения данных несчастных случаев необходимо выполнять следующие требования:

- использовать средства защиты (защитные перчатки);
- быть внимательным при извлечении образца из установки после нанесения маркировки во избежание контакта с нагретыми поверхностями;
- перед использованием установки необходимо пройти ТБ;
- использование предупреждающей вывески перед лабораторной установкой.

Все перечисленные требования при проведении экспериментальных исследований выполняются. В помещении лаборатории находится аптечка со всеми необходимыми медикаментами для оказания первой помощи при поражении электрическим током.

### 5.3 Экологическая безопасность

#### 5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Объектом исследования является разработка и нахождение оптимального режима лазерной маркировки хирургических инструментов. Данная работа посвящена модернизации уже имеющиеся методике нанесения маркировки для улучшения качества полученного продукта. Одной из частей данной работы является эксперимент. В данном эксперименте проводится тестирование рассчитанного режима для лазерной маркировки и замера шероховатости на полученных образцах. При проведении лабораторных работ используются хирургические инструменты, которые можно использовать многократно т.к подверженная воздействиям область мала.

#### 5.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Применение образцов из медицинской стали не требует специальных мероприятий по утилизации. Данная сталь является инертным нетоксичным материалом, поэтому утилизируется в общем порядке как бытовые отходы.

В работе используется ПК, поэтому необходимы мероприятия по утилизации электроники.

При официальной переработке электроники используются хорошо проработанные методы, позволяющие отделять необходимые фракции из отходов.

Печатные платы является одним из наиболее важных компонентов электронного оборудования. Предварительная обработка включает в себя демонтаж многоразовых и токсичных элементов, измельчение или разделение. Затем следует физическая переработка. Потом материалы извлекают путем химического процесса переработки.

Переработка электроники очень важна, так как компоненты технических средств и предметов электроники – это скорее ресурсы, чем отходы. Наиболее важной причиной является минимизация вреда, наносимого окружающей среде, которую мы достигаем при переработке электроники.

При утрате работоспособности каких-либо компонентов электроники, необходимо обратиться в пункт приема и утилизации электронных отходов.

Утилизация люминесцентных ламп является важной задачей, т.к в колбах присутствует ртуть. При разгерметизации люминесцентной лампы в помещении создается, относящиеся к первой группе опасности. Непродолжительное воздействие ртути может нанести серьезный вред сердечно—сосудистой, иммунной системе, органам зрения, кожному покрову. Утилизация люминесцентных ламп начинается с разделки осветительного прибора с помощью специальной установки (демеркуризатора), чтобы освободить все частицы ртути. Далее происходит связка ртути с сорбентом далее смесь попадает в конденсатор, осаждаются и превращаются в жидкий металл. Заключительный этап — это отправка на предприятие для дальнейшего использования.

При нарушении работоспособности люминесцентной лампы, осветительная установка отправляется в пункт приема по утилизации люминесцентных ламп.

#### 5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или

повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

#### **5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований**

Объектом исследования является разработка режимов лазерной маркировки хирургических инструментов помимо работы с ПК, также предусмотрен эксперимент в ходе, которого необходимо протестировать рассчитанный режим для лазерной маркировки и провести замер шероховатости на полученных образцах. В связи с этим в ходе выполнения эксперимента возможно поражение электрическим током, а также возможен контакт с нагретыми поверхностями в ходе которых можно получить ожоги, поэтому необходимо соблюдать предельную осторожность. В целом объект исследования не может являться причиной возникновения ЧС.

#### **5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований**

В лаборатории возможны следующие чрезвычайные ситуации: пожар и землетрясение. Наиболее типичная ЧС – пожар. Рабочее место по категории пожарной опасности относится к классу В, как пожароопасное. Пожар носит техногенный характер. К возможным причинам пожара можно отнести:

- неисправность электрической проводки;
- неисправность оборудования под напряжением;
- возгорание ПЭВМ;
- несоблюдение правил ПБ

При возникновении пожара необходимо позвонить в пожарную службу, эвакуировать людей, принять возможные меры по тушению пожара. Меры по предупреждению пожара:

- недопущение использования неисправного оборудования;
- ознакомление сотрудников с правилами пожарной безопасности;

- назначение ответственного за пожарную безопасность;
- наличие системы сигнализации при возникновении пожара;
- выключение электрооборудования, освещения и электропитания;
- курение в строго отведенном месте;
- наличие планов эвакуации;
- содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

#### 5.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Для рабочего помещения необходима разработка системы пожарной сигнализации (СПС). СПС обнаруживает признаки возгорания и подаёт сигнал тревоги на пульт охраны и систему оповещения, систему автоматического пожаротушения и инженерные системы здания.

Для обнаружения возгорания в рабочем помещении используем извещатели пламени и тепловые пожарные извещатели. Необходимость двух видов извещателей объясняется тем, что цикл горения веществ разный и протекает при различных скоростях, а также может сопровождаться открытым пламенем уже на начальном этапе возгорания.

Помещение такой площади должно быть оснащено двумя порошковыми огнетушителями марки ОП-5, силовым щитом для возможности мгновенного обесточивания. Необходим периодический осмотр огнетушителей, проверка их работоспособности перезарядка. Также рекомендуется размещение на стенах инструкций по пожарной безопасности и план эвакуации. В случае возникновения пожара и невозможности его самостоятельной ликвидации, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь планом эвакуации.

#### Вывод

В разделе социальная ответственность рассмотрены следующие факторы:

- параметры микроклимата соответствуют нормативным документам;
- достаточная освещенность лаборатории реализуется с помощью искусственного освещения;
- шум и вибрация соответствует стандартным нормам;
- электробезопасность в лаборатории соблюдена, все токоведущие части заземлены и изолированы;
- при проведении работ с нагреванием деталей используются защитные средства;
- рассмотрены основные вредные факторы при работе с ПК и оборудованием для проведения эксперимента.

Данная работа носит характер теоретически-прикладной требует длительной работы за ПК, а также работы со специальным оборудованием. Такой характер работы требует предельной концентрации специалиста. С учетом особенностей работы следует применять перерывы, аспекты которых регламентируются нормативными документами.

Также в данном разделе были описаны меры по утилизации оборудования, которое используется в ходе научной работы, т.к в данной работе используются образцы из инертного материала, установлено, что научно-исследовательская работа не наносит вреда окружающей среде.

В данном разделе были описаны основные ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте. Основной ЧС в лаборатории является пожар. Во избежание возникновения ЧС с персоналом постоянно проводятся инструктажи ТБ.

## Заключение

Для более точного и качественного результата был выбран способ подбора режимов, которые бы отвечали общепринятым требованиям. Способ планирования эксперимента позволил достичь требуемого результата. Для этого потребовалось провести определённое количество экспериментов на лазерном маркере «Rabbit Fiber 20», расчет контрастности, измерить шероховатость на профилометре для определения рельефа, провести ряд расчетов согласно выборному методу планирования эксперимента. Для более четкого понимания, какие результаты должны быть на выходе, был выбран эталонный образец, результаты измерений которого отвечают всем требованиям. И упор был сделан именно на данные контрастности и шероховатости этого образца.

Согласно всей проделанной работе, можно сделать вывод, что образец №2, который подвергся обработке при режиме № 2. которому соответствует мощность - 90 Вт, скорость - 625 мм/с, частота - 35 Гц, количество проходов - 4, соответствует эталонным показателям. Шероховатость которого была равна  $-0,734$  мкм, когда шероховатость эталонного образца составила  $0,737$  мкм. Контрастность эталонного образца составила  $0,8$ , когда средняя контрастность образцов равна  $0,8$ .

В ходе выполненного эксперимента, была решена проблема по подбору оптимального режима маркировки на предоставленном маркере. Оптимальным режимом маркировки, который соответствует показателям эталонного образца, является режим под № 2.



## Список использованных источников

1. ГОСТ 19126-79. Инструменты медицинские металлические. Общие технические условия.
2. Нержавеющая сталь [Электронный ресурс] URL: <https://www.metotec.ru/>
3. Свойства нержавеющей стали [Электронный ресурс] URL: <https://tutmet.ru/>
4. Нержавеющая сталь в медицине [Электронный ресурс] URL: <https://www.globus-stal.ru/>
5. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1970, 280 с.
6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
7. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»
8. СанПиН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
9. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ Шум. Общие требования безопасности
10. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ Система стандартов безопасности труда рабочее место при выполнении работ сидя
11. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
12. СН 181-70 Указания по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий
13. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95

14.Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности

15.Федеральный закон № 426-ФЗ от 28.12.2013 г "О специальной оценке условий труда" (с изменениями и дополнениями).

## Приложение А (справочное)

### Laser marking of surgical steel

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4BM81	Резмерица Анастасия Юрьевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Зыков Илья Юрьевич	К.Т.Н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Сумцова Ольга Витальевна	-		

### 1.1. Stainless steel

Stainless steel is an alloy steel that is used in most industries. This steel exhibits corrosion resistance in aggressive environments (air, salt solutions, acids, river and marine atmosphere, etc.). However, it cannot be claimed that corrosion resistance is absolute. Stainless steel, like all steels, is exposed to corrosion due to long operation, but only to a lesser extent, which is a significant advantage.

The composition of stainless steel determines the choice of the manufacturer in favor of "stainless steel". Iron and chromium, forming part of stainless steel, perfectly supplement each other. The role of chromium is as follows: when marking stainless steel, on the surface an oxide film forms, which further prevents the formation of oxidative processes, without which ordinary metals cannot do [1].

### 1.2. Physical properties

Stainless steel is known not only for its corrosion resistance, but also for its diverse physical properties. Physical properties depend on the type of impurity and its amount.

Allocating stainless steel from a number of other metals, physical properties affecting the quality of the metal should be mentioned. These physical properties include:

- High level of durability. Stainless steel products are highly resistant to physical stress, which means that the product does not lose its initial shape and is not damaged. High quality steel remains reliable for up to 10 years or more.
- Heat resistance. Stainless steel is resistant to high temperatures, even with open flames without changing the size, shape and properties with a significant degree of temperature difference;
- Resistance to external aggressive environment. This steel is less subjected to changes due to environmental conditions; this affects the further long-term use of the product.
- Environmental friendliness. The property of metal corrosion resistance prevents oxidation. Steel itself in its composition does not have harmful components; this finds a wide application in the food industry.

- Resistance to corrosion. One of the main properties this steel possesses is the resistance to rust. It should be noted not the least important fact that even after exposure to alkalis and acids, the alloy is not susceptible to corrosion.
- Compliance. The stainless steel alloy is easy to process, and in the manufacture, it is easy to achieve the desired shape of the product.
- Appearance. Stainless steel has a shiny and clean appearance, which does not change during a long-term operation.

When choosing a steel grade with certain properties, you should rely on the purpose of its use. Currently, due to the variety of components, it is possible to create a material with the required characteristics.

### 1.3. Chemical composition

The chemical composition of stainless steel depends on the grade and type of alloy.

The presence of 10.5% chromium in the composition of the steel and a low carbon content is a determining factor and the main feature of stainless steel. Carbon in the steel, the percentage of which should not be higher than 1.2%, gives proper strength.

Molybdenum, nickel, sulfur, niobium, titanium, and phosphorus may also be present in stainless steel. Stainless steel is divided into several types depending on the chemical composition.

The most widely known stainless steel is A2 steel. The composition of the steel of group A2 includes 10% nickel, 0.05% carbon and 18% chromium, 2% molybdenum. The main part is iron with related components. Molybdenum in the composition increases resistance to acid.

Due to the chemical composition, the steel of this group is easy to weld, which explains the widespread use in industry. This steel is used to produce any shape with a strong connection of its components.

Special attention is paid to the production of steel for the food industry, as steel with this purpose should not have such components that can harm and affect the taste of the product hereafter.

As previously noted, the anticorrosion properties directly depend on the amount of chromium in the alloy, the more chromium the more stable the alloy. The standard stainless steel alloy used under normal conditions contains no more than 13% chromium. In an aggressive environment, the chromium content must exceed 17%. In this percentage composition, the alloy is suitable for its use in an acidic environment and retains its properties even in acid at 50% saturation. If we are talking about stronger acids, the percentage of nickel and other components in small amounts in the alloy is increased.

#### 1.4. Stainless Steel Classification

The classification of stainless steel is compiled depending on the country of manufacture, but we have common principles. The marking of stainless steel depends on the internal structure of the material, the internal structure and properties of the alloy. Based on these characteristics, steel is divided into the following types:

- Austenitic. The group of alloys is high in nickel and chromium and belongs to non-magnetic metals. Due to the high content of these components, the alloy is highly durable and flexible in comparison with analogues. Alloys of this group are corrosion resistant and easy to weld, due to this they are widely used in industry.

- Ferritic. This group of alloys is characterized by a high chromium content of more than 20% and belongs to magnetic metals. The chemical composition of this group contributes to its resistance to aggressive external environment. The steels of this group are economically viable and widely used in industry.

- Martensitic. Wear resistance and increased strength characterize this type of steel; it is heat-resistant and contains a minimum of harmful components that do not emit vapors when the temperature rises. This group includes corrosion-resistant heat-resistant steel.

- Combined. The type of steel that collects all the properties of the above groups together. This type of steel is developed individually, based on customer requirements.

To date, austenitic-martensitic and austenitic-ferritic steels are distinguished.

### 1.5. Scopes of stainless steels

Since the time of development, steels of the type with a corrosion-resistant property have been used only in high-tech production such as nuclear energy, petrochemical production, mechanical engineering, aircraft manufacturing and medicine. The main areas of stainless steel application:

- Chemical industry. This industry is accompanied by the use of aggressive substances, the content of which requires special equipment. In this case, austenitic alloys are used. Pipes, vessels and production tanks do not lose their operational properties and are not exposed to chemicals.
- Mechanical engineering. Stainless steel is widely used in the manufacture of industrial machines, automobiles and various units. Austenitic and ferritic types are used in the industry.
- Food industry. High requirements have been set for this industry, namely the production, transportation and storage of products. To ensure a high level of hygiene, it is possible to use only a few types of plastic, glass and stainless steel.
- Energy engineering. Due to the particular importance in the electric power industry, materials with high strength are used, since the reliability and durability of work units is a very serious and crucial moment in this industry.
- Pulp and paper industry. In this industry, all equipment is made of high-quality stainless steel.
- Construction industry. Stainless steel is used in design and construction. It is difficult to leave marks and scratches on such sheets.
- Medicine. First of all, stainless steel is harmless to the human body. This steel does not rust, which allows you to meet strict hygiene standards [2].

### 1.6. Stainless steel in medicine

The use of stainless steel in medicine is absolutely safe for the human body, which is the most important factor in the use of products. Following strict hygiene standards, steel inherently does not rust. As previously discussed, this is due to the high content of chromium, which forms an oxide film at the marking site, which has the property of self-healing. In addition, the determining factor is a long

service life, which can be ensured by observing the service regulations and careful use.

Stainless steel, as a material, is solid, ignoring the presence of nickel, which is added exactly to increase manufacturability. During operation, scratches and dents from accidental impacts do not appear on the material. Considering the fact that with the appearance of such damage, this medium becomes favorable for the growth of bacteria that previously could not linger on a polished surface, this once again confirms compliance with the sterility requirements of medical instruments.

Disinfection of medical instruments is also carried out under the conditions of significant heating up to 6000 ° C. One of the properties of stainless steel is heat resistance, which once again proves the relevance of using stainless steel in medicine.

Medical instruments have a very complex geometric shape that must be followed. In the case of stainless steel in industrial conditions, you can give absolutely any shape [3].